Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В. П. Ставров

ОСНОВЫ НАУЧНОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рекомендовано
учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по химико-технологическому образованию
в качестве пособия для студентов
инженерно-технических специальностей

Минск 2010

УДК 658.5:001.895(075.8)
ББК 65.290-5-2я73
С76

Р е ц е н з е н т ы :
кафедра экономики и управления научными исследованиями, проектированием и производством Белорусского национального технического университета (заведующий кафедрой кандидат экономических наук, доцент *Е. В. Гурина*);
заведующий лабораторией Научно-исследовательского центра проблем ресурсосбережения НАН Беларуси академик, доктор технических наук, профессор *А. И. Свиридёнок*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Ставров, В. П.
С76 Основы научной и инновационной деятельности : пособие для студентов инженерно-технических специальностей / В. П. Ставров. – Минск : БГТУ, 2010. – 319 с.
ISBN 978-985-434-950-3.

В пособии приводятся основные понятия, относящиеся к научной и инновационной деятельности инженера, нормативные требования к прикладным научным исследованиям и разработкам и к их результатам. Излагаются общие вопросы организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований технических объектов, испытаний материалов, изделий и технологических процессов, вопросы методологии обработки, анализа, оценки и представления результатов, а также разработки и постановки на производство новой продукции.

УДК 658.5:001.895(075.8)
ББК 65.290-5-2я73

ISBN 978-985-434-950-3

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2010
© Ставров В. П., 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ..... 5

ПРЕДИСЛОВИЕ 7

1. НАУКА И ИННОВАЦИИ КАК ФАКТОРЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ 13
1.1. Основные понятия и определения 13
1.2. Роль науки и инноваций в социально-экономическом развитии 23
1.3. Государственная научно-техническая и инновационная политика 38

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК 47
2.1. Нормативная база 47
2.2. Управление и финансирование 54
2.3. Кадровое обеспечение 84
2.4. Информационное обеспечение 107
2.5. Материально-техническое обеспечение 120

3. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ 125
3.1. Задания на выполнение исследований и разработок 125
3.2. Теоретические исследования в технических науках 142
3.3. Экспериментальные исследования и испытания 153
3.4. Статистические методы в практике эксперимента 176
3.5. Разработка новых технических решений 190
3.6. Разработка технической документации 199
3.7. Постановка на производство новой продукции 214

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК 217
4.1. Научные отчеты и публикации 217
4.2. Правовая защита технических решений 220
4.3. Критерии и методы оценки результатов научной и инновационной деятельности 231
4.4. Экономическая эффективность 248
4.5. Неопределенность результатов и риски 258

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 277

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ИССЛЕДОВАНИЕ (ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ) 281

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА РАЗРАБОТКУ ПРОДУКЦИИ (СОДЕРЖАНИЕ ПО СТБ 972–2000) 284

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ОТЧЕТ О ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ) 285

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ (СОДЕРЖАНИЕ ПО ГОСТ 2.106–96) 295

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. ОТЧЕТ ОБ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ (ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПО ГОСТ 7.32–2001) . 298

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. АВАНПРОЕКТ (ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ) 305

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. РУКОПИСЬ СТАТЬИ (ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ) 312

ЛИТЕРАТУРА 313

ОСНОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

БелГИСС – Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации
БелИСА – Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы
БРФФИ – Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований
ВАК – Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь
ВВП – валовой внутренний продукт
ВНК – временный научный коллектив
ГКНТ – Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь
ГНТП – государственная научно-техническая программа
ГОСТ – межгосударственный стандарт
ГСИ – Государственная система обеспечения единства измерений
ЕС – Европейский союз
ЕСКД – Единая система конструкторской документации
ЕСТПП – Единая система технологической подготовки производства
ЕСТД – Единая система технологической документации
ИСО – международный стандарт
КБ – конструкторское бюро
КД – конструкторская документация
КМ – композиционный материал
МПК – Международная патентная классификация
НАН – Национальная академия наук Беларуси
НИИ – научно-исследовательский институт
НИОКР – научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа
НИОК(Т)Р – научно-исследовательская и опытно-конструкторская (технологическая) работа
НИР – научно-исследовательская работа
НИС – научно-исследовательский сектор
НИЦ – научно-исследовательский центр
НИЧ – научно-исследовательская часть
НЦИС – Национальный центр интеллектуальной собственности
ОИС – объект интеллектуальной собственности

ОКП – Общегосударственный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции
ОКР – опытно-конструкторская работа
ОКРБ – общегосударственный классификатор Республики Беларусь
ОТР – опытно-технологическая работа
ПП – подготовка производства
РНТБ – Республиканская научно-техническая библиотека
СНГ – Содружество Независимых Государств
СТБ – государственный стандарт Республики Беларусь
ТД – технологическая документация
ТЗ – техническое задание
ТПП – технологическая подготовка производства
ТТ – технические требования
ТУ – технические условия
ТЭО – технико-экономическое обоснование
УИРС – учебно-исследовательская работа студентов

ПРЕДИСЛОВИЕ

Наука как система знаний, вскрывающая закономерности развития природы и общества и способы воздействия на окружающий мир, зародилась еще в древнем мире в связи с потребностями общественной практики. В нынешних формах наука начала складываться в XVI–XVII веках, а к нашим дням уже превратилась в производительную силу, определяющую уровень, перспективы и эффективные пути социального и экономического развития каждого отдельного предприятия, государства и человечества в целом.

В то же время социальное благополучие граждан и экономическое развитие государства определяются не только и не столько овладением научными знаниями, умением видеть и успешно решать фундаментальные научные проблемы, сколько способностью извлекать экономическую пользу из достижений науки. Инновационная деятельность, в результате которой научно-технические достижения превращаются в новую конкурентоспособную продукцию и в новые, более эффективные технологии, стала важнейшим фактором экономической безопасности государства и его социального и экономического развития.

Особое значение научная и инновационная деятельность имеет для стран, не располагающих богатыми природными ресурсами, но обладающих определенным научно-техническим потенциалом. К ним относится и Беларусь. Поэтому вполне закономерно, что инновационная деятельность отнесена в нашей стране к государственным приоритетам. Ей уделяется все большее внимание. Определена Концепция инновационного развития; формируется Национальная инновационная система; реализуется Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 гг., утвержденная Президентом Республики Беларусь; формируется инновационная инфраструктура; совершенствуется нормативно-правовая база. В связи с этим изучение основ научной и инновационной деятельности, предусмотренное учебными планами многих специальностей высших учебных заведений, программами повышения квалификации и переподготовки менеджеров, экономистов и инженеров различного профиля, стало обязательным компонентом высшего профессионального образования.

В последние годы изданы многочисленные монографии и учебные пособия по основам инновационной деятельности (см. прилагаемый список литературы). Однако они рассчитаны, в первую очередь,

на подготовку управленцев разного уровня – от менеджеров фирм до работников государственных органов, а потому отражают преимущественно правовые и организационно-экономические аспекты инновационной деятельности. Это вполне обосновано, поскольку многие проблемы активизации и повышения эффективности инновационной деятельности лежат именно в сфере политики и права.

Работа инженера по сути своей является составной частью инновационной деятельности, а инженер-конструктор, разрабатывающий новые изделия и средства технологического оснащения, и технолог, осваивающий новую продукцию и новую технологию, – рядовыми, но весьма важными участниками инновационного процесса. Знание нормативно-правовых основ и методологии инновационной деятельности необходимо им для понимания сущности решаемых задач, обоснованного поиска эффективных технических решений при выполнении конкретных инновационных проектов с учетом не только конструктивно-технологических, но и экономических, организационно-правовых факторов.

Для обеспечения высокого технического уровня и конкурентоспособности новой продукции необходимы патентно-информационные, теоретические и (или) экспериментальные исследования, а процесс разработки и освоения производства включает различные виды испытаний материалов, экспериментальных образцов, макетов или изделий, технологических процессов их изготовления, оценку технического уровня и технико-экономической эффективности планируемых разработок, создаваемой продукции и технологических процессов.

Сфера деятельности инженера, как и результаты этой деятельности, характеризуется высокой степенью конкретности. В качестве базовой для иллюстрации различных методологических аспектов научной и инновационной деятельности в данном пособии принята сфера профессиональной деятельности специалиста в области производства изделий из полимеров и композитов. Специальность «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» относится по сути своей к инновационно-ориентированным, поскольку основная сфера практической деятельности специалиста данного профиля – разработка и освоение производства новой и, как правило, наукоемкой продукции с использованием новых и высоких технологий. В то же время излагаемые в пособии вопросы, иллюстрационные материалы в той или иной мере типичны и для иных областей техники, поэтому издание может быть использовано для подготовки инженеров многих других инженерно-технических специальностей.

Согласно стандарту специальности «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», научно-исследовательская и инновационная деятельность наряду с проектно-конструкторской включена в число основных видов деятельности выпускника. Учебным планом специальности предусматривается изучение в соответствующих дисциплинах содержания и способов осуществления данных видов деятельности. При этом следует заметить, что здесь и в дальнейшем речь идет не о научных исследованиях вообще и фундаментальных исследованиях в частности, а лишь о прикладных исследованиях, предшествующих созданию новой продукции и новых технологий.

Цель изучения дисциплины «Основы научной и инновационной деятельности» студентами специальности «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» – подготовка к самостоятельной исследовательской работе в рамках учебного процесса и к будущей проектно-конструкторской и инновационной деятельности по профилю специальности. Программа дисциплины и подготовленное в соответствии с ней данное пособие адаптированы к профилю профессиональной деятельности выпускников специальности. Вышеназванная дисциплина и пособие имеют целый ряд специфических отличий от дисциплин и пособий для студентов экономических и иных инженерных специальностей несмотря на общность изучаемого предмета и в значительной мере традиционность построения курса.

К задачам изучения дисциплины относятся:

- ознакомление студентов с нормативными документами, определяющими требования к научным исследованиям и инновационной деятельности и их организации;
- ознакомление с методами оценки достижений науки в области новых материалов, разработки, производства и применения (эксплуатации) изделий, перспектив и направлений развития;
- ознакомление с современными информационными технологиями, применяемыми в этой сфере;
- ознакомление с общей методологией исследований, предшествующих разработке и постановке на производство новой продукции;
- выработка у студентов практических навыков выполнения отдельных стадий теоретических и экспериментальных исследований, анализа их результатов;
- ознакомление с формами и приемами составления документации – задания на исследования и разработки, программы и методики испытаний, научного отчета, научных докладов и публикаций.

В результате изучения дисциплины студенты должны *знать*:

• требования нормативных документов, определяющих порядок проведения научных исследований и разработок, постановку на производство новых изделий и освоения новых технологий, организацию инновационной деятельности в Республике Беларусь;

• содержание основных этапов проведения научных исследований, разработки и постановки на производство новой продукции, разработки и освоения новых технологий;

• общие методы оценки новизны научных результатов, новизны, уровня и патентной чистоты технических решений, технико-экономической эффективности освоения новой продукции и новых технологий;

уметь

• разрабатывать технические задания на проведение исследований, предшествующих разработке изделий;

• разрабатывать программу и методику испытаний материалов и изделий;

• анализировать результаты исследований, оценивать их новизну и научный уровень;

• оформлять отчеты и публикации по результатам научных исследований.

Соответствующие вопросы составляют основное содержание данного пособия. Однако многие задачи, решаемые в процессе разработки и постановки на производство новой продукции и относящиеся к инновационной деятельности специалиста, выходят за рамки материала, содержащегося в данном пособии. Сведения о методах их решения даются в других специальных и профилирующих дисциплинах специальности. Для более тесной методологической увязки в данное пособие включены отдельные вопросы, более глубоко изучаемые в смежных дисциплинах учебного плана специальности. Это позволит студентам использовать данное пособие и на последующих этапах обучения.

Предмет рассмотрения в данном пособии несколько расширен за счет материала, выходящего за рамки дисциплины учебного плана одной специальности. Изложено основное содержание нормативных документов, регулирующих сферу научных исследований и разработок. По мнению автора, это делает издание более привлекательным как для студентов других специальностей, так и для инженеров-практиков, желающих повысить свою квалификацию в области научной и инновационной деятельности. Тем более что изложение не отягощено математическими выкладками, типичными для учебной литературы по общенаучным и специальным дисциплинам.

В пособие включены вопросы проведения патентно-информационных исследований, оценки новизны и патентоспособности технических решений как важного компонента инновационного проекта.

Очевидно, что нельзя рассматривать научную и инновационную деятельность в области техники и технологий, от которой ожидают прежде всего экономического эффекта, игнорируя данный аспект. Поэтому в пособии обсуждаются вопросы оценки экономической эффективности разработки и освоения производства новых изделий, хотя базовые экономические дисциплины «Экономика производства» и «Организация производства и управление предприятием» и специальная дисциплина «Конструирование и расчет изделий из композиционных материалов», программа которого предусматривает изучение методики оценки затрат на разработку изделий и экономической эффективности освоения их производства, изучаются позже. При написании этого раздела использовались результаты исследований, выполненных автором совместно с Л. Ю. Пшебельской.

На практических занятиях по основам научной и инновационной деятельности студенты приобретают навыки составления программы и методики испытаний, методы обработки и анализа результатов эксперимента, составления рефератов, научных отчетов и подготовки публикаций. Приобретению навыков исследований способствует и выполнение параллельно с изучением этой дисциплины курсовой работы по механике композиционных материалов. В последующих семестрах студенты выполняют исследования и разработки в рамках курсовых проектов по основным профилирующим дисциплинам: конструирование и расчет изделий из КМ; формообразование изделий из КМ, проектирование оборудования и оснастки. Предусмотрены также исследования по теме дипломного проекта в форме учебно-исследовательской работы.

Учитывая прикладную направленность данного пособия, при определении основных понятий, при изложении тех или иных вопросов, составляющих предмет научных дискуссий, автор старался отдавать предпочтение формулировкам, нашедшим отражение в нормативно-правовых актах Республики Беларусь. Поэтому содержание и построение пособия в существенной мере основываются на нормативных документах, определяющих требования к выполнению научных исследований, к разработке и постановке продукции на производство, на требованиях к знаниям, умениям и навыкам специалистов, изложенным в стандарте специальности.

На содержание данного пособия, на излагаемые в нем подходы к решению тех или иных практических задач повлияли и обстоятель-

ства субъективного характера: собственный многолетний опыт исследований автора в области механики и технологии композиционных материалов; опыт конструирования и постановки на производство изделий из них, преподавания специальных дисциплин конструкторско-технологического цикла; опыт управления в научно-инновационной сфере и участие в разработке документов, формирующих нормативно-правовую базу научной и инновационной деятельности в Республике Беларусь.

При написании пособия автору не удалось в полной мере преодолеть противоречие, типичное для исследователя и преподавателя. Его сформулировал однажды В. И. Феодосьев – известный ученый-механик и педагог, автор классического учебника по сопротивлению материалов и первого в СССР учебника по основам ракетной техники: «Как преподаватель, я должен быть уверенным в истинности излагаемого, но, будучи ученым, я всегда оставляю место сомнениям».

Автор признателен В. М. Анищику, С. С. Ветохину, А. П. Гришановичу, Е. В. Гуриной, С. Е. Ореховой и А. И. Свиридёнку, внимательно прочитавшим рукопись и сделавшим ряд замечаний, которые способствовали ее улучшению. Замечания и предложения читателей также будут приняты автором с благодарностью.

1. НАУКА И ИННОВАЦИИ КАК ФАКТОРЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

1.1. Основные понятия и определения

Наука, техника и технология. Улучшение условий жизни и повышение благосостояния составляют важнейшую жизненную цель каждого человека, а потому социально-экономическое развитие является приоритетной задачей любого государства и направлением развития человечества в целом. Для достижения этой цели человек использует все свои знания, умения и навыки.

Научные знания необходимы, но не достаточны для достижения жизненных целей отдельного индивидуума, для социально-экономического развития государства. Чтобы обеспечить благополучие человека и социально-экономическое развитие государства, они должны воплотиться в новую и более совершенную продукцию, в более эффективные производительные силы общества.

Понятие «*производительные силы*» относится к совокупности субъектов (человека), а также объектов – орудий и предметов труда, называемых средствами производства и обеспечивающих существование человека и экономическое развитие человечества. Вместе с производственными отношениями, характеризующими распределение собственности, средств производства и производимого продукта, производительные силы общества определяют способ производства.

Для обозначения всей совокупности производственных отношений, всего хозяйственного комплекса страны и всего мирового сообщества, отдельных отраслей используют термин «*экономика*». Его применяют также для обозначения научной дисциплины, в которой изучаются проблемы управления хозяйственной деятельностью в целом (например, *мировая экономика*) и ее составных частей (*экономика отрасли*).

В качестве одного из показателей развития экономики страны используют *валовой внутренний продукт* – совокупную стоимость конечных товаров и услуг.

Наука как форма общественного сознания исследуется в философии, а как фактор развития производительных сил общества – в экономических науках.

В основе научно-технического прогресса, развития экономики и общества в целом лежат достижения науки как сферы человеческой

деятельности, направленной на выработку, систематизацию, формализацию и в какой-то части на применение новых знаний. Именно через практическое применение научных достижений знания становятся производительной силой общества.

Техника (от греч. *techne* – мастерство, искусство) – совокупность средств, создаваемых для осуществления процессов производства или деятельности в непроизводственной сфере: машины, механизмы, приборы и устройства, другие средства труда, составляющие производительные силы общества. Техникой называют также совокупность навыков и приемов осуществления какого-либо вида деятельности – в научных исследованиях и производстве, а также в управлении, искусстве, спорте и др.

Изменения техники и технологий, осуществляемые на базе достижений науки, называют *научно-технологическим развитием*. Значительные качественные изменения производительных сил на базе достижений науки и техники, обусловливающие их ускоренное совершенствование, обозначают как *научно-техническую революцию*.

Современный этап развития человечества характеризуется все более интенсивным использованием знаний во всех отраслях производственной (хозяйственной) деятельности. В последние годы для обозначения экономики, развивающейся преимущественно на основе научных достижений, часто применяют термин «*экономика знаний*».

Научная деятельность – творческая деятельность, направленная на получение знаний о природе, человеке, обществе, искусственно созданных объектах и на использование научных знаний для разработки новых способов их применения [38].

В зависимости от цели и содержания этой деятельности различают фундаментальные и прикладные научные исследования.

Фундаментальные научные исследования – теоретические и (или) экспериментальные исследования, направленные на получение новых знаний об основных закономерностях развития природы, человека, общества, искусственно созданных объектов.

В результате фундаментальных исследований не создаются новые материалы, изделия, другие виды продукции или новые производственные технологии, но эти исследования могут быть *ориентированными* на решение научных проблем, связанных с практическими приложениями [38].

Прикладные научные исследования – исследования, направленные на применение результатов фундаментальных исследований для достижения конкретных практических целей [38].

К прикладным относятся исследования, имеющие целью найти области эффективного применения новых научных знаний (так называемые поисковые), и исследования, непосредственно связанные с планируемой разработкой новой продукции и новой технологии и имеющие целью найти наиболее эффективные пути решения поставленной конкретной технической, экономической или иной практической задачи.

К научной деятельности относят научные исследования – научно-исследовательские работы, а также подготовку и аттестацию научных работников высшей квалификации, апробацию (проверку) пригодности результатов НИР для достижения конкретных целей.

Научные исследования классифицируют также по отраслевой направленности – гуманитарные (философия, история, филология, педагогика), естественные (математика, физика, механика, астрономия, химия, биология), медицинские, общественные (политология, юриспруденция, экономика, социология), сельскохозяйственные и технические.

Научно-техническая деятельность включает проведение прикладных исследований и разработок с целью создания новых или усовершенствования существующих способов и средств осуществления конкретных процессов, а также научно-методическое, патентно-лицензионное, программное, организационно-методическое и техническое обеспечение научных исследований и разработок, распространение и применение их результатов.

Новые и усовершенствованные продукты, технологии и организационно-технические решения обобщенно называют *инновациями* (от англ. *innovation* – новшество, нововведение). В зависимости от обновленного объекта различают *продуктовые и процессные*, в частности *технологические*, *инновации*.

Здесь термины «*продукт»* и «*продукция*» используются в широком смысле и обозначают любой материализованный или материализуемый результат практической деятельности, причем не только в сфере материального производства, но и в социальной сфере (в том числе в образовании и науке), а также в сфере организации любых видов деятельности, управления и т. п.

В зависимости от вида деятельности, в результате которой получены продукты, различают, например, научно-техническую [52], промышленную и сельскохозяйственную продукцию [66].

Научно-техническая продукция – научные знания или технические решения, зафиксированные на любом информационном носителе, а также модели, макеты, образцы новых изделий, материалов, веществ [52].

Промышленная продукция – материализованный результат трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами и предназначенный для удовлетворения потребностей общественного или личного характера.

К промышленной продукции относят сырье и природное топливо, материалы и полуфабрикаты, расходные, неремонтируемые и ремонтируемые изделия, получаемые в результате производственного процесса.

Изделие, согласно терминологии, принятой в ЕСКД, – предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Термин «***технология***» (от греч. *techne* – мастерство, искусство и *logos* – понятие, учение) означает последовательность действий при выполнении определенных работ, а также отрасль науки, предмет которой – методы выполнения работ. Этот термин, применявшийся ранее преимущественно в сфере производственной деятельности, в последнее время все чаще используют и в других сферах («технология преподавания», «технология НИОКР» и т. п.). В широком смысле термин «*технология*» относится к преобразованию вещества, энергии и информации.

Новая технология (***продукция***) – впервые осваиваемая (или уже освоенная) на данном предприятии, в стране, в мире.

Технологию (и продукцию), создание, освоение и осуществление которой требуют применения новых и более глубоких научных знаний, значительных интеллектуальных затрат, называют *наукоемкой*. Наукоемкие технологии и продукты характеризуются не только высокой долей затрат на НИОК(Т)Р, но и применением новых технических решений, созданных на базе научных исследований, а также технологического оборудования, средств управления и контроля, затраты на обслуживание и амортизация которых составляют значительную часть текущих затрат.

Термин «***высокая технология***» (сокращенно англ. *hi-tech*) используют для обозначения наукоемких технологий в области информатики, микроэлектроники, оптики, новых материалов, ракетной, космической и военной техники и других, основанных на физических, химических или биологических явлениях, изученных на микро- или атомно-молекулярных уровнях, с использованием сложных виртуальных моделей, и требующих при практической реализации высокой научной и инженерной квалификации производственного персонала. Высокие технологии обеспечивают получение качественно новых и более эффективных продуктов, характеризуются более высокими

уровнями производительности труда, низкой энерго- и материалоемкостью продукции.

Технологии, имеющие межотраслевой характер и оказывающие решающее влияние на развитие научных исследований и производства, называют *критическими*.

В последнее время часто используются и другие термины, содержащие ключевое слово «технология»: «информационная технология», «нанотехнология», «технология двойного назначения».

Информационными называют технологии, связанные с формированием, преобразованием или передачей информации, включающие, в частности, создание программных и иных, в том числе биологических, средств представления информации, технических устройств для формирования, преобразования и передачи информации – вычислительной техники, телекоммуникаций и т. п., а также средств использования информации в различных сферах практической деятельности.

К ***нанотехнологиям*** относят технологии создания или преобразования веществ, включающие управление структурой элементов с размерами порядка нанометра.

Технологии двойного назначения позволяют использовать приемы, применяемые в производстве военной техники, в других отраслях.

Технологические инновации, рассматриваемые в данном пособии, относятся преимущественно к производственному процессу.

Производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления изделий. Он включает подготовку средств производства, получение, хранение и транспортирование материалов, полуфабрикатов, заготовок, отдельных частей и изделий, все стадии изготовления изделия, его технический контроль и испытания, упаковку и другие действия, связанные с изготовлением изделия.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и (или) определению состояния предмета производства и включающая последовательное изменение и измерение свойств материала или заготовки (полуфабриката), внешнего вида, формы и размеров.

Разработка – создание технической (конструкторской, технологической, организационной и иной) документации, образцов и средств технологического оснащения, необходимых для организации производства. Разработка предшествует постановке на производство новой продукции и применению новых технологических процессов на основе научных знаний, результатов прикладных исследований.

Приведенные выше определения понятий *новые*, *наукоемкие и высокие технологии* не являются общепринятыми. Используют и иные определения, в которые наряду с признаками новизны введены требования эффективности и конкурентоспособности.

Конкурентоспособность продукции – способность в определенный период обеспечить коммерческий или иной успех на конкретном рынке в условиях конкуренции или противодействия.

В условиях высокой конкуренции на рынках сбыта продукции, изменяющихся экономических условий производства большое значение приобретает возможность адаптации производства к изменению параметров и номенклатуры производимых материалов и изделий с минимальными затратами времени и средств. Производственную технологию, обладающую таким свойством, называют ***гибкой***.

Гибкость обеспечивается как применением комплекса переналаживаемых средств технологического оснащения, так и системой управления технологическим процессом, основанной на современных математических моделях и информационных технологиях.

Инновационная деятельность. Для обозначения всего комплекса работ, направленных на освоение производства новой продукции, новых технологий, используют термин «*инновационная деятельность*». Желая особо подчеркнуть присутствие научной компоненты как источника и основы инноваций, т. е. *научно-технической деятельности,* эту деятельность иногда называют «*научно-инновационной*».

Инновационная деятельность – деятельность, направленная на практическое освоение результатов научных исследований и разработок, повышающих эффективность способов и средств осуществления конкретных процессов, в том числе освоение в производстве новой продукции и технологии [47].

Инновация, ***нововведение*** – создаваемые, осваиваемые новые или усовершенствованные технологии, виды продукции или услуги, а также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера.

Различают инновации, связанные с разработкой и освоением в производстве новых продуктов, – *продукт-инновации* и инновации, связанные с разработкой и освоением новых производственных методов или организации производства, – *процесс-инновации*, а также *технологические инновации*, связанные с разработкой и освоением новых или усовершенствованных технологических процессов [47].

Термины «*инновация*» и «*инновационная деятельность*» появились в русскоязычной литературе сравнительно недавно.

В литературе советского периода использовали термин «*новая техника*», которым обозначали впервые реализуемые в народном хозяйстве результаты научных исследований и прикладных разработок, содержащие изобретения и научно-технические достижения, а также новые, более совершенные технологические процессы, орудия и предметы труда (новые модели станков, машин, электродвигателей и др.), обеспечивающие повышение технико-экономических показателей производства.

На сегодня издано большое число научной и учебной литературы по проблемам инновационной деятельности и инноваций («*инноватике*»).

Слово «*innovation*» может быть переведено с английского языка как *новшество* или как *нововведение*, но в русском языке эти два термина имеют различный смысл.

Считают, что *новшество* относится к любому новому знанию, к новому техническому решению (например, к изобретению), а термин *инновация*, как и *нововведение*, подразумевает практическое использование этого знания или технического решения. Новшество становится инновацией только при практическом использовании, поэтому *инновацию* определяют как создаваемые (осваиваемые) новые или усовершенствованные технологии, виды продукции или услуг, а также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера [47].

В терминах «*новшество*», «*нововведение*», «*инновация*» и их определениях присутствуют соответственно корень и признак «*новый*». Однако новизна продукции и технологии относительна – для данного предприятия, для страны или на мировом уровне. Степень новизны учитывают при оценке инноваций как результата инновационной деятельности (см. раздел 4).

Иногда уже в сами понятия «*инновация*» и «*инновационная деятельность*» включают указание на обязательность получения положительного экономического (социального, экологического или иного) эффекта [1, 47]. Впрочем, и экономику определяют иногда не только как научную дисциплину, изучающую хозяйственную деятельность, но и как науку об эффективном использовании ресурсов (К. Макконнелл, С. Брю).

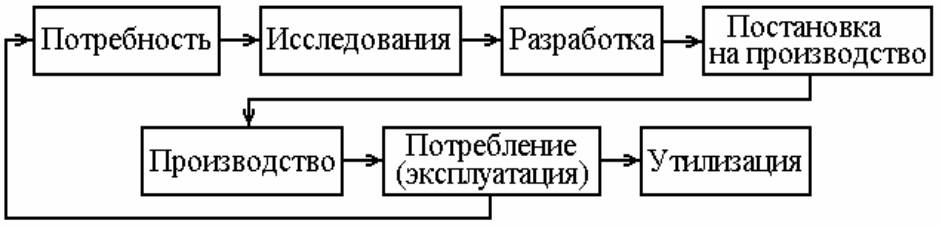
Действительно, инновации чаще всего нацелены на улучшение качества, расширение ассортимента товаров, снижение затрат на их производство, на совершенствование с этой целью технологических процессов, т. е. на получение положительного эффекта.

Термин «***эффект***» в широком смысле означает результат любой деятельности, в данном случае – инновационной. Но *эффективной* следует считать только деятельность, приводящую к положительному – ожидаемому или планируемому – результату. Отношение получаемого эффекта к затратам или иным параметрам деятельности характеризует ее *эффективность*.

Планируя нововведение, безусловно, всегда рассчитывают на получение положительного эффекта. Для этого предварительно по тем или иным критериям оценивают возможные результаты использования новшества. При этом показатель эффективности зависит от базы сравнения и принятого критерия оценки. А вот реальный эффект может оказаться как положительным, так и отрицательным.

Применительно к освоению производства новых изделий инновационная деятельность охватывает всю совокупность действий от выяснения потребностей рынка до реализации вновь освоенной продукции. Совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до утилизации составляет *жизненный цикл продукции* (рисунок), включающий несколько *стадий*, каждая из которых характеризуется определенным состоянием продукции, видом выполняемых работ и их конечными результатами.

Часть жизненного цикла новой продукции от установления требований к ней на основе изучения потребностей рынка (*инновационного маркетинга*) до освоения производства составляют разработка и постановка продукции на производство.



Жизненный цикл продукции

Разработка – деятельность, направленная на создание или усовершенствование способов и средств осуществления процессов в конкретной области практической деятельности, в частности на создание новой продукции и технологий. Разработка новой продукции и технологий включает проведение опытно-конструкторских (при создании изделий) и опытно-технологических (при создании материалов, веществ, технологий) работ.

Разработка и постановка на производство продукции производственно-технического назначения и непродовольственных товаров народного потребления включают [46]:

• *исследования*, предшествующие разработке и предусматривающие изучение требований рынка, уточнение требований к продукции, к процессу и условиям ее изготовления, или разработку *аванпроекта*;

• *разработку* на этом основании *технического задания*;

• *разработку продукции*, или *опытно-конструкторские работы*, к которым относятся *разработка конструкторской и технологической документации*, *изготовление и испытание опытных образцов* (*опытных партий*);

• *подготовку и освоение производства*.

Опытно-конструкторские работы – комплекс работ, выполняемых при создании или модернизации продукции: разработка конструкторской и технологической документации на опытные образцы (опытную партию), изготовление и испытания опытных образцов (опытной партии).

Комплекс работ по созданию новых веществ, материалов и (или) технологических процессов и изготовлению технической документации на них называют ***опытно-технологическими работами***.

Содержание исследований и аванпроекта, предшествующих разработке, содержание ТЗ и различных этапов ОКР и ОТР, включая испытания опытных образцов и опытных партий продукции, а также работ, проводимых на стадии подготовки и освоения производства продукции, как части научной и инновационной деятельности инженера-конструктора, общая методология исследований, испытаний и разработок обсуждаются в разделах 3 и 4 (см. также приложения 3–5 и 7). Поскольку эти виды работ относятся к основной сфере проектно-конструкторской и производственной деятельности инженера, то технология их проведения более детально, с учетом специальности и специализации изучается в специальных и профилирующих дисциплинах.

Имея в виду данное выше понятие *инновации*, определение «*инновационный*» часто добавляют к различным терминам, так или иначе относящимся к созданию и реализации новой продукции и новых технологий.

Под *инновационной идеей* понимают замысел относительно новой продукции или технологии, путей их создания, освоения и применения. Для создания и практического освоения новых и усовершенствования существующих технологий, видов продукции и услуг осуществляют *инновационные проекты*, содержанием которых является проведение при-

кладных научных исследований и (или) разработок, их практическое использование в производстве и реализации продукции, оказании услуг.

Как *инновационный проект* обозначает совокупность документов, определяющих цели и задачи, основные параметры и пути осуществления конкретной инновации. Инновационным проектом называют и сам процесс проведения прикладных исследований и разработок, нацеленных на создание научно-технических нововведений и их практическое использование.

Инновационный проект не обязательно включает стадию прикладных исследований, предшествующую созданию вновь осваиваемой продукции или технологии. Эта стадия может быть уже завершенной, а результаты представлены в виде новых технических решений (изобретений, конструкторской документации, экспериментальных образцов или опытных партий материала или изделий, экспериментальной и даже промышленной установки, реализующей новый технологический процесс). В этом случае инновационный проект направлен лишь на освоение результатов ранее проведенных исследований и разработок, т. е. на *коммерциализацию результатов научно-технической деятельности*, причем результатов не только собственных, но и «чужих» исследований и разработок.

Термин «*коммерциализация результатов научно-технической деятельности*» пришел на смену термину «*внедрение результатов НИОКР в производство*», обозначавшему, пожалуй, наиболее уязвимое место советской инновационной системы. Уже в самом слове «*внедрение*» звучит осознание трудностей, с которыми сталкивались разработчики, предлагавшие производственникам освоить то или иное новшество (к сожалению, сталкиваются и сейчас), если у предприятий отсутствуют экономические стимулы, а потому и интерес к этим новшествам. Образно говоря, экономике предлагалось двигаться в гору, опираясь на науку (стоя на «голове»), вместо того, чтобы передвигаться естественным образом по пути, подсказанному «головой», т. е. наукой.

Инновационная программа определяет цели, задачи, пути осуществления и предполагаемые результаты инновационной деятель-ности предприятия, отрасли, региона, государства.

Готовность предприятия к созданию и освоению новой продукции и (или) новой технологии обозначается как его *инновационная восприимчивость*, а участие в инновационной деятельности характеризуется как *инновационная активность*.

Инновационный процесс включает осуществление перечисленных выше работ, относящихся к инновационной деятельности (в данном

пособии – только в производственной сфере), в совокупности с мероприятиями по введению продукции в коммерческий оборот.

Успех инновационной деятельности в существенной мере зависит от состояния нормативно-правовой базы, наличия финансовых и материально-технических средств, источников информации, кадрового потенциала, обозначаемых как *нормативно-правовое*, *финансовое*, *материально-техническое*, *информационное*, *кадровое обеспечение инновационной деятельности*, а также от участия различных субъектов, создающих необходимые условия для инновационной деятельности и способных оказать соответствующие услуги – информационные, технические, финансовые, консультативные, а потому формирующих *инновационную инфраструктуру* (от лат. *infra* – ниже, под).

Управление инновационной деятельностью на всех ее стадиях – от формулирования цели и постановки задач, генерирования инновационной идеи до реализации инноваций – называют *инновационным менеджментом*.

1.2. Роль науки и инноваций в социально-экономическом развитии

Наука как фактор социально-экономического развития. Основным источником развития науки и техники является потребность общества, отдельного государства или субъекта хозяйствования, отдельной личности. «Если у общества появляется потребность, то она продвигает науку быстрее, чем десяток университетов» (Ф. Энгельс).

Наиболее велика роль личности ученого в формировании научного интереса и его удовлетворении путем проведения фундаментальных исследований. В то же время превращение достижений фундаментальной науки в фактор социально-экономического прогресса, в осязаемые достижения экономики отдельного государства или прибыль конкретного предприятия требует больших затрат, а вложение средств в материализацию достижений фундаментальной науки связано с большим риском.

Для извлечения социально-экономических преимуществ из достижений фундаментальной науки необходимо иметь не только высокий научно-технический потенциал, но и слаженную систему финансирования прикладных исследований и разработок, соответствующую инфраструктуру и большие финансовые средства. При этом следует иметь в виду, что результаты фундаментальных исследований дово-

дятся до сведения научной общественности, поэтому доступны всему миру. Ими может воспользоваться любой, но преимущество получит лишь тот, кто располагает большими возможностями для реализации новых знаний в сфере практической деятельности. Потому не следует преувеличивать роль фундаментальных исследований в социально-экономическом развитии таких малых государств, каким является Республика Беларусь. Более полезно с экономической точки зрения научиться обращать результаты чужих исследований в собственное благо. Так, впрочем, и поступают многие западные фирмы. Можно привести немало примеров еще с советских времен, когда стране приходилось покупать за рубежом технику и технологии, разработанные на основе результатов исследований, выполненных нашим учеными.

Если не брать во внимание исключительную роль фундаментальных исследований в достижении военно-технического превосходства стран, на него претендующих (в первую очередь, США), то даже выдающиеся успехи в области фундаментальной науки не способны сами по себе обеспечить экономические достижения государства. По крайней мере, нет такого примера в мировой истории. Только прикладные исследования, направленные на решение конкретных задач развития техники, технологии и экономики в целом, осуществляемые с учетом реальных потребностей, производственных и финансовых возможностей государства, способны при определенных условиях привести к его социально-экономическому прогрессу.

С другой стороны, фундаментальные исследования в области естественных наук, формирующих базу техники и технологий, необходимы для оценки перспектив развития различных отраслей техники и технологии и совершенствования подготовки специалистов с учетом этих перспектив. Соответственно такие исследования должны быть максимально приближены к сфере образования, где их результаты в указанном выше смысле реализуются наиболее эффективно. Именно этим и объясняется тот факт, что в большинстве зарубежных стран (за исключением лишь немногих, имеющих мировые амбиции) фундаментальные исследования сосредоточены в университетах. С сожалением следует заметить, что столь очевидная функция фундаментальной науки в полной мере не реализуется в Республике Беларусь, где академические исследования часто «равноудалены» как от сферы образования, так и от сферы производства, и потому все еще актуальна «непростая задача – вывести Академию наук из своеобразной изоляции от общества и государства» (А. Г. Лукашенко).

Наличие достижений фундаментальной науки в какой-либо области, относящейся к практической сфере, необходимо, но не достаточно для успешного осуществления деятельности в этой сфере. Научные знания должны трансформироваться в продукт практической деятельности через специфические для этой деятельности формы, в технике – через новые вещества, материалы, изделия и через технологии, по которым их получают. При этом не только в каждой сфере практического применения научных знаний, но и в каждой сфере общественных отношений, которые касаются продвижения инноваций, – от идеи и поиска путей ее практической реализации до получения прибыли или иного эффекта – существуют объективные законы, условия и требования. Знание и учет этих законов и требований способствуют успешному продвижению инноваций, и, напротив, незнание или игнорирование обрекают инновацию на неуспех.

В числе факторов, негативно влияющих на эффективность инновационной деятельности отдельных субъектов или инновационной политики государства в целом, – преувеличение роли науки, тем более фундаментальной, в достижении научно-технического и экономического прогресса (так называемый *сциентизм* – от англ. *science* – наука) и, наоборот, преувеличение роли техники в социальном развитии общества (*технократизм*) [26].

Достижение политических целей государства и доказательство превосходства той или иной идеологии могут оказать как положительное, так и отрицательное влияние на развитие науки и научно-технический прогресс. Хорошо известны примеры интенсивного развития науки и ускоренного освоения результатов научных достижений с целью получения военно-политического преимущества. Атомная энергетика, реактивная авиация и ракетно-космическая техника, радиолокация и связь, микроэлектроника, компьютерная техника, другие отрасли современной техники и многие высокие технологии «обязаны» военно-политическому противостоянию двух социально-экономических и мировых политических систем. В то же время история знает немало случаев, когда только идеологические и политические установки государства, отдельных его руководителей препятствовали развитию тех или иных отраслей науки и техники, например астрономии в средние века, генетики и кибернетики в Советском Союзе. С другой стороны, реализация дорогостоящих научно-технических проектов по политическим и идеологическим соображениям приводила к необоснованным затратам, наносила ущерб решению социально-экономических проблем («сталинский план преобразования

природы», «стратегическая оборонная инициатива», проект «Энергия-Буран» и др.). «Вот на создание спутника я пошел, скажу вам откровенно, не только потому, что уж очень он нужен был нашему обществу и государству» (А. Г. Лукашенко).

Затраты на исследования и разработки в интересах обороны не столь обременительны для страны, если результаты затем эффективно используются в гражданских отраслях. Но такая ситуация не была характерна для СССР. По соображениям секретности оборонные и гражданские производства, размещенные даже на одном предприятии, в одном городе и в одной отрасли, были информационно и технологически разделены.

Инновационный путь социально-экономического развития – это не инновация в сфере стратегии развития отдельного государства или человечества в целом, а лишь констатация истории развития человечества. Роль научно-технических инноваций как одного из важнейших факторов развития различна. На каких-то этапах, в какие-то периоды и в каких-то условиях могут превалировать другие факторы, например природные ресурсы, – ископаемые источники, растительный и животный мир. Современный период развития человечества характеризуется все более широким и эффективным использованием достижений науки для решения экономических задач, созданием экономики, основанной на знаниях, или «*экономики знаний*».

Технологические уклады. В результате систематизации исторических вех развития техники и технологий ученые-науковеды выявили периоды продолжительностью примерно полвека, характеризующиеся определенной совокупностью техники и технологий, применяемых в материальном производстве развитых стран (таблица).

Эти периоды называют *длинными волнами* (Н. Д. Кондратьев, Й. Шумпетер) или *технологическими укладами* (С. Ю. Глазьев).

Каждому периоду присуща специфическая инновационная система, характеризующаяся источниками, направленностью и преимущественными путями реализации инноваций.

Современный период развития, начавшийся в 90-е годы прошлого столетия, характеризуется следующими признаками [19]:

- доминированием электроники, информатики, телекоммуникаций;
- повышением гибкости производства, снижением энерго- и материалоемкости продукции, экологической нагрузки производства;
- интеграцией образования, исследований, разработок и производства, в том числе на международном уровне и с использованием информационных технологий;

• повышением роли государства в инновационном процессе, в первую очередь путем создания правовых и экономических стимулирующих механизмов.

Периоды развития технологии [19]

Период, границы (годы)	Наиболее характерный признак периода	Ведущие особенности образования и науки	Важнейшие типы коммуникации	Типичный источник энергии	Характерный продукт
Первый 1780–1840	Фабричное производство текстиля	Обучение на рабочем месте, университеты, научные сообщества	Каналы, грунтовые дороги	Вода	Хлопок
Второй 1840–1890	Паровой привод	Массовое начальное образование, начало инженерного образования	Железные дороги, телеграф	Пар	Уголь и железо
Третий 1890–1940	Электрический привод	Начало исследований на предприятиях, начало стандартизации	Железные дороги, телефон	Электричество	Сталь
Четвертый 1940–1990	Двигатели внутреннего сгорания, синтетические материалы	Массовое высшее образование, широкое развитие исследований на предприятиях	Авто- и авиасообщение, радио и телевидение	Нефть	Нефть и полимеры
Пятый 1990–…	Компьютеры, гибкое производство	Интеграция образования, глобальные сети	Информационные сети, Интернет	Газ, нефть	Микроэлектроника

Предполагается, что нынешний этап продлится, как и предыдущие уклады, 50 лет, если сохранятся закономерности и факторы экономического и научно-технического развития.

Глобализация мировой экономики. Развитие транспорта и средств связи во второй половине XX века привело к глобализации мировой экономики, что стало ведущим фактором технологического развития. Ускоренный рост производства промышленной продукции потребовал международного разделения труда, более интенсивного и дифференцированного использования ресурсов каждой страны, расширения рынков сбыта, развития транспортной инфраструктуры – авиации, железнодорожного транспорта, удешевления морских перевозок, совершенствования системы связи на основе достижений ра-

диотехники, электроники, ракетно-космической техники, создания глобальной сети – Интернета.

Современное развитие науки, техники и экономики происходит в условиях все более усиливающейся глобализации мировой общественно-экономической системы. Глобализация проявляется в укреплении межгосударственных политических и экономических связей, создании и развитии транснациональных объединений, международных финансовых институтов, в усилении международной научно-технической, производственной и технологической интеграции, в интеграции интеллектуального потенциала и рабочей силы.

Современные коммуникации обеспечивают не только интенсивные торговые и производственные связи, но и формирование глобального информационного пространства, интеграцию науки и образования. На этой основе получили развитие транснациональные корпорации, на которые приходится до половины мирового промышленного производства, до 4/5 новых технических решений, защищенных патентами.

С одной стороны, перечисленные факторы способствуют более эффективному использованию природных, энергетических, сырьевых, производственных, финансовых и интеллектуальных ресурсов. Глобализация способствует распространению новых производств и новых технологий, разработанных в наиболее развитых странах, т. е. технологической интеграции. Благодаря расширению финансовых операций наблюдается ускорение роста ВВП. Выгода каждой страны зависит от степени ее интеграции в соответствующие структуры, от форм участия в международном разделении ресурсов и результатов интеллектуального труда и производства.

С другой стороны, интеграция в мировую экономическую систему неизбежно ведет к снижению роли государства в управлении экономикой, финансами и научно-технической сферой страны, к частичной утрате суверенитета в решении социально-экономических, а часто и политических вопросов. Возникает *проблема экономической безопасности,* а также энергетической, продовольственной, информационной и других составляющих национальной безопасности страны.

Степень участия государства в мировых интеграционных процессах и извлекаемые при этом выгоды зависят от его политической линии, создания необходимых условий для интеграции. Идеологические или политические приоритеты государства существенно влияют на уровень интеграции. Как показали мировые кризисы последних лет – энергетический и финансовый, глобализованная финансовая и экономическая

система не обладает достаточной устойчивостью, а сбалансированные механизмы управления этой системой еще не сложились. Потому разумное следование преобладающей стратегии мирового развития считается одним из факторов экономической безопасности государства.

Экономический рост на всех предыдущих этапах развития человечества происходил преимущественно за счет усиливающейся эксплуатации природных ресурсов под известным лозунгом «Мы не можем ждать милости от природы, взять их у нее – наша задача» (И. В. Мичурин). Нагрузка на окружающую среду достигла таких масштабов, что дальнейшее сохранение темпов воздействия стало угрожающим для здоровья человека и в целом для существования человечества. Необходимость учитывать экологический аспект при выборе и реализации путей экономического развития, принять меры, обеспечивающие сохранение природы для будущих поколений, признана на международном уровне в качестве важнейшего фактора ***устойчивого развития экономики***. В то же время реализация идеи устойчивого развития находится в определенном противоречии с некоторыми условиями роста объемов производства и потребления.

Снижение экологической нагрузки при сохранении и увеличении объемов производства в большинстве случаев требует применения иных, более совершенных технологий, а следовательно, дополнительных затрат и не всегда приводит к удешевлению продукции. Поэтому на международном и национальном уровнях вводятся регулирующие правовые и экономические механизмы, стимулирующие научную и инновационную деятельность, способствующую гармонизации в системе «природа – человек – производство». При этом каждая страна исходит прежде всего из своих национальных интересов. Одни страны, например государства постсоветского пространства, в которых существенно сократились объемы промышленного производства, получают даже экономическую выгоду от реализации международного соглашения по экологии (Киотского протокола), предусматривающего обязательства по сокращению выбросов, а другие, причем дающие наибольшие выбросы в атмосферу, – США и Китай – не подписали его, как ущемляющий национальные интересы.

Национальные интересы страны всегда превалируют при реализации ею экономической и инновационной политики. Обеспечение экономической, продовольственной, энергетической, экологической, информационной и, уж конечно, военной и политической безопасности является обязательным атрибутом научно-технической и инновационной политики любого государства.

Наука и инновации. Инновационная деятельность предусматривает использование результатов научных исследований и разработок для повышения эффективности способов и средств осуществления различных видов практической деятельности, в том числе для освоения новой продукции и новых технологий. Но конкретная инновация не всегда является результатом собственных исследований и разработок данного предприятия, поэтому инновационная деятельность предприятия не обязательно включает все стадии создания продукта, начиная от исследований и разработки. Для освоения новой продукции и новой технологии достаточно закупить и запустить новое оборудование. С другой стороны, научные учреждения и конструкторско-технологические организации могут участвовать в инновационной деятельности, создавая новые технические решения, или новшества, но не обязательно осваивать их у себя в виде новой продукции и новых технологий.

Как следует из приведенной выше общей характеристики, прикладные научные исследования и инновационная деятельность в сфере производства продукции тесно связаны между собой, поскольку имеют единую направленность на успешное решение задач социально-экономического развития, а потому пересекаются в наиболее важных компонентах. В то же время эти виды деятельности на уровне отдельного субъекта – научного работника, инженера и менеджера, предприятия, отрасли и государства – имеют и многие специфические отличия, обусловленные конкретной постановкой задач, спецификой осуществляющих их субъектов, их функциями в инновационном процессе, условиями осуществления отдельных стадий этого процесса. В данном пособии, предназначенном для будущих инженеров-конструкторов и технологов, проблемы организации и осуществления научной и инновационной деятельности рассматриваются преимущественно на уровне требований к компетенциям специалистов исполнительского звена. В то же время для формирования общего представления о роли инноваций в социально-экономическом развитии предприятия и государства, сути и средствах осуществления различных стадий инновационной деятельности ниже дается краткая характеристика роли науки и инноваций в социально-экономическом развитии государства, условий и специфики осуществления научной и инновационной деятельности в Республике Беларусь.

К условиям осуществления инновационной деятельности относятся:

- мотивация (юридические нормы, директивные указания, осознание потребности, конкуренция) и риски;
- финансовые, кадровые, материально-технические ресурсы;

• нормативно-правовая поддержка и экономическое стимулирование со стороны государства;

• инфраструктура (информация, кредитные учреждения и др.).

В числе побудительных мотивов для инноваций на предприятии: решения органов управления; социальная ответственность собственника; ответственность и личные амбиции руководителя; запросы потребителей; наличие избыточных площадей, оборудования, кадров; проблемы экологии, охраны труда и здоровья; настоятельные и обоснованные предложения разработчиков и ученых.

По статистике ФРГ, из 10 успешно реализованных в условиях рыночной экономики продуктовых инноваций только одна оказывается из числа инициированных разработчиком, в среднем две инициированы изготовителем продукции и семь – ее потребителем. Эта статистика дает повод для размышлений о судьбе исследований и разработок, осуществляемых в нашей стране, которые инициируются преимущественно учеными, но не будущими потребителями продукции или ее потенциальными производителями.

Вопросы инновационной деятельности являются ключевыми для большинства индустриально развитых стран мира. В сфере интересов государства:

• постоянный мониторинг мирового научно-технического и экономического развития науки техники;

• определение приоритетов социально-экономического развития;

• создание нормативно-правовой базы, включающей систему правовой защиты и сертификации, систему ответственности (в т. ч. самого государства как главного собственника), и баланса интересов;

• стимулирование и частичное финансирование приоритетных и социально-значимых направлений исследований и разработок;

• подготовка кадров для управления инновационной деятельностью, для разработки и освоения новых технологий;

• формирование инновационной инфраструктуры;

• развитие международных отношений в приоритетных областях научно-технической деятельности и экономики.

Инновационная политика многих развитых стран включает:

• создание благоприятного климата для развития частного сектора; введение более совершенного налогового механизма, предоставляющего определенные льготы организациям, разрабатывающим и выпускающим инновационную продукцию;

• поддержку субъектов малого предпринимательства в целях правовой защиты технологий и продукции и повышения конкурентоспособности продукции;

• поощрение коммерциализации технологий;

• инвестирование в создание перспективных технологий, в т. ч. за счет международной интеграции.

Предпосылки инновационной политики Республики Беларусь. Считается, что Беларусь не богата природными ресурсами. В то же время по запасам и добыче калийной соли наша страна занимает одно из ведущих мест в мире и получает от продажи калийных удобрений немалую часть доходов в иностранной валюте.

Значительны валютные поступления в Беларусь и от экспорта нефтепродуктов, древесины. Основная часть нефти, перерабатываемой в стране, импортируется из России (более 20 млн. т в год), но до 2 млн. т нефти страна получает ежегодно из собственных месторождений. При таких объемах добычи разведанных запасов нефти (по мнению специалистов, более 60 млн. т) хватит еще на несколько десятков лет.

На территории Беларуси разведано более 4000 месторождений твердых полезных ископаемых. Запасы бурого угля составляют до 100 млн. т, горючих сланцев – более миллиарда тонн. Велики запасы пресных и минеральных подземных вод, а также мела, гранита, песка и других важнейших компонентов строительных материалов. Правда, промышленная добыча многих ископаемых не освоена, преимущественно по экономическим соображениям – из-за недостатка средств или экономической нецелесообразности.

Другим и важнейшим ресурсом страны считается интеллектуальный. Действительно, по уровню развития образования и науки Белоруссия достойно занимала одно из ведущих мест среди республик Советского Союза. И в Республике Беларусь наука относится к важным факторам развития экономики. Интенсивные факторы производства – производительность труда и научно-технический прогресс – обеспечивают около 90% прироста ВВП, что выше, чем в советский период (51%) [25].

Развитие научных исследований на территории современной Беларуси связывается с появлением высших учебных заведений как первых центров науки – медицинской академии в Гродно (1775), сельскохозяйственного института в Горках (1848), педагогических институтов в Витебске, Могилеве и Минске (1919), политехнического института (1920) и университета (1921) в Минске.

В 1922 г. основано первое научно-исследовательское учреждение – Институт белорусской культуры, преобразованный впоследствии в Белорусскую академию наук (1929).

К началу 40-х гг. XX века в Белоруссии была создана достаточно обширная сеть вузов и научных организаций, но наиболее интенсив-

ное развитие экономики, а вместе с ней образования и науки приходится на послевоенные годы.

Белорусская ССР выделялась среди других республик Союза наличием относительно высокого интеллектуального и инженерно-технического потенциала, высоким научно-техническим уровнем промышленного производства. Значительную долю составляли предприятия машиностроения и приборостроения, электронной промышленности, выпускавшие высокотехнологичную продукцию оборонного назначения, а также предприятия химической промышленности, располагавшие достаточно современной на тот период материально-технической базой. Это обеспечило значительные достижения в различных отраслях науки и техники, в ряде направлений фундаментальных исследований.

Многие научные программы, которые выполняли белорусские ученые, являлись разделами общесоюзных, ориентированных в основном на военно-промышленный комплекс СССР. В рамках этих программ готовились и научные кадры.

В республике располагались научные учреждения и конструкторско-технологические организации министерств оборонного комплекса (так называемой «девятки»). Значительные объемы фундаментальных и поисковых исследований в интересах обороны страны выполняли институты физико-математического и физико-технического профиля Академии наук БССР, ведущие высшие учебные заведения – Белгосуниверситет, политехнический (ныне БНТУ) и радиотехнический (БГУИР) институты, где велась также подготовка специалистов с высшим образованием и научных кадров практически по всем направлениям научной и инженерной деятельности, представленным в республике. Общий объем финансирования исследований и разработок в республике составлял 2,2–2,5% от ВВП, т. е. находился на уровне, типичном для высокоразвитых стран мира.

Таким образом, имелись определенные предпосылки для использования научно-технического и производственного потенциала в целях успешного социально-экономического развития республики после обретения ею независимости. Однако целый ряд других не менее существенных факторов политического и экономического характера не позволил реализовать такую возможность.

Проблемы переходного периода. Распад СССР повлек за собой дезинтеграцию сложившейся общесоюзной системы производительных сил и производственных отношений, включая единую в масштабах СССР систему получения новых знаний – науку, систему подготовки и аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации.

Необходимость формирования и проведения самостоятельной научно-технической и инновационной политики в Республике Беларусь возникла в 1991 г., сразу после объявления ею государственного суверенитета. До этого периода научно-техническая политика в Белорусской ССР, как одной из одной из частей Союза ССР, формировалась союзными органами управления и проводилась на основе общей стратегии развития страны, изложенной в решениях партии и правительства. Около 2/3 научно-кадрового потенциала СССР было сосредоточено на территории России, причем ее доля в общесоюзной численности научных работников значительно превышала долю в общей численности населения.

Проблемы в научно-технической и инновационной сферах, с которыми столкнулась Республика Беларусь, можно разделить на три группы:

объективные (и общие для всех бывших республик Союза):

- изменение системы власти и политическая напряженность в переходном периоде, отодвигавшая проблемы экономики и ее развития на второй план;
- изменение спроса на продукцию, разрушение плановой системы государственных заказов и сложившихся хозяйственных связей;
- разрушение административных и отсутствие действенных рыночных механизмов управления экономикой;
- замкнутость экономической системы и недостаточная интеграция с мировой экономикой;
- несоответствие (несогласованность) научно-технического и производственного потенциала по профилю и организационной структуре;
- отсутствие на момент обретения суверенитета собственной системы управления научно-технической сферой и ее компонентов – нормативно-правовой базы, информационного обеспечения, инновационной инфраструктуры, маркетинга;
- моральная и физическая изношенность основных фондов и ограниченность финансовых ресурсов для обновления;

объективные, но специфичные для Беларуси:

- несоответствие многих видов ранее выпускавшейся продукции требованиям мирового рынка;
- узкая специализация предприятий, отсутствие конечной продукции на оборонных предприятиях;
- изолированность предприятий, в первую очередь оборонного комплекса;
- неготовность предприятий к работе в условиях суверенитета и рыночной экономики;
- отсутствие системы маркетинга и сертификации продукции;

субъективные:

• недостаточное внимание политического руководства к проблемам инновационной политики;

• амбиции научного сообщества и завышенные самооценки собственного научного и инновационного потенциала;

• отсутствие у руководителей предприятий и отраслей опыта управления инновациями в рыночных условиях и необоснованные ожидания готовых решений сверху.

Структура научно-технической и производственной сферы Республики Беларусь, сложившаяся к моменту обретения ею независимости, новые политические и экономические реалии не только в существенной мере определили условия и специфику переходных процессов в экономике и в тесно связанной с ней научно-технической сфере, но и продолжают оказывать определенное влияние на развитие научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь до настоящего времени.

Необходимость формирования новых правовых условий и экономических механизмов научно-технической и инновационной деятельности уже в начальный период становления Республики Беларусь как самостоятельного государства обусловливалась тем, что трансформации в этой сфере происходили одновременно с радикальным изменением условий хозяйствования в связи с переходом к рыночным подходам в экономике. Прежняя нормативно-правовая база, созданная для плановой экономики и административно-командной системы управления, оказалась неэффективной уже в переходном периоде.

В условиях политических трансформаций и нестабильности начального периода независимости страны не были приняты обоснованные решения по созданию нормативно-правовой базы и эффективной системы управления научно-технической сферой.

В плановой системе предприятия получали сверху не только задания по освоению новой продукции и новой технологии, но и все необходимые для этого ресурсы, а также рынки сбыта продукции, а во многих случаях и готовую техническую документацию. Отделы сбыта, переименованные повсеместно в управления маркетинга, оказались в большинстве своем не готовы к поиску новых рынков для выпускаемой продукции и, тем более, к определению перспективной.

Наиболее значительные сокращение объемов финансирования исследований и разработок, потери (как правило, безвозвратные) численности научно-технического персонала научных организаций и предприятий пришлись на первые годы суверенитета республики.

К концу 90-х годов доля затрат на исследования и разработки сократилась до 0,7–0,8% ВВП, т. е. в 3–3,5 раза по сравнению с 1990 г., как и численность занятых в этой сфере. Низкий уровень финансирования НИОКР сохраняется и в последние годы.

Да и в целом в стране научно-технический потенциал, рассогласованный с производственным по отраслевой принадлежности, по профилю и технической оснащенности, не мог компенсировать утрату связей с головными союзными институтами-разработчиками. Более того, отраслевые и академические институты, специализировавшиеся на выполнении только определенной части работ согласно союзному разделению труда в этой сфере, понесли еще большие утраты. Сказалось и то, что по большинству видов продукции цикл «исследования – разработки – подготовка и освоение производства» оказался не замкнутым внутри республики, а для межгосударственной кооперации не было достаточных правовых и финансовых возможностей.

Весьма характерно и то, что многие научные институты, как отраслевого союзного подчинения, так и академические, в том числе располагавшие собственными конструкторско-технологическими подразделениями и опытно-производственной базой, оказались неспособными к работе в новых условиях, к созданию и освоению новой высокотехнологичной и конкурентоспособной продукции.

К субъективным причинам такой ситуации можно отнести негативное отношение руководителей и работников этих институтов к трансформации тематики, к инициированию исследований и разработок в новых направлениях, а также появившаяся возможность компенсировать недостаток бюджетных средств на исследования и разработки сдачей в аренду площадей.

Попытки многих активных работников НИИ и КБ создать самостоятельные инновационные структуры, малые предприятия, занимающиеся исследованиями и разработками, осваивающие новые виды продукции, наиболее интенсивные в первые годы независимости страны, вскоре прекратились. Так, в 1996 г. в сфере науки и научного обслуживания работало 4,2% малых предприятий, к 2007 г. эта доля сократилась до 0,5% [21].

К значимым факторам можно отнести и отсутствие в советской Белоруссии необходимого информационного обеспечения по профилю производственной деятельности большинства предприятий. Это касается как в целом прогнозирования перспектив развития научно-технической сферы, так и информации по многим конкретным и перспективным видам продукции.

Более приспособленными для работы в новых условиях оказались специалисты конструкторских подразделений и технических отделов предприятий, располагавшие информацией об аналогах, присутствующих на зарубежных рынках, знающие пути совершенствования выпускаемой продукции, перспективы развития и технологические возможности предприятия по освоению новой продукции. Однако из-за резкого сокращения объемов производства и соответственно численности работающих на предприятии именно эти подразделения подверглись наиболее массовым сокращениям. Новые ниши нашли и за счет этого выжили именно те предприятия, где были и сохранились собственные конструкторские подразделения.

Но в целом наличие в республике научно-технического потенциала не оказало решающего влияния на конверсию многих предприятий оборонного комплекса. Во-первых, этот потенциал, сосредоточенный как в отраслевых организациях, так и в научных учреждениях Академии наук, профиль проводимых исследований и разработок не были, за редким исключением, тесно связаны с профилем промышленных предприятий. Ситуация усугублялась отсутствием эффективного централизованного управления научно-технической и производственной сферой. С другой стороны, и предприятия имели в большинстве своем узкопрофильную технологическую специализацию, выпускали серийную продукцию, разработчиками которой были союзные НИИ и КБ (но не с белорусской пропиской), и не располагали собственными конструкторскими подразделениями, способными в короткий срок предложить документацию на новую и конкурентоспособную продукцию, возможностью замены комплектующих, поставлявшихся ранее другими предприятиями Союза. Потому они оказались не готовы, а ввиду отсутствия достаточных средств и не в состоянии к радикальной перестройке производства. К тому же у руководителей разного ранга все еще была жива надежда (возможно, от безысходности, но, как потом выяснилось, совершенно напрасная) на возврат заказов на ранее выпускавшуюся продукцию и налаженных прежде производственных связей.

Вследствие распада Союза ССР и резкого сокращения оборонных заказов превалировавшие в Беларуси высокотехнологичные предприятия оборонного комплекса потребовали либо поиска новых и достаточно емких рынков сбыта продукции либо быстрой конверсии производства. Однако поставки продукции оборонного назначения зарубежным потребителям оказались нереальными не столько по причине возможного ущерба обороноспособности страны и союзных с ней государств, сколько по причине специфичной привязки этой продукции

к конкретным конечным системам вооружения и отсутствия в составе продукции, выпускавшейся белорусскими предприятиями, изделий самостоятельного военного или двойного применения.

По этим причинам Государственная программа конверсии оборонной промышленности, сформированная еще до распада Союза ССР, оказалась нереализованной даже в самом нерадикальном варианте, а после распада и вовсе потеряла юридический статус [15].

До обретения независимости в Беларуси не было государственного органа, уполномоченного регулировать прикладные исследования и разработки в новых условиях, несмотря на относительно высокий вес и одновременно большую разобщенность научно-технического потенциала, отсутствие нормативно-правовой базы научно-технической и инновационной деятельности в новых условиях. И хотя необходимость в таком органе была очевидной, Комитет по науке и технологиям начал работать лишь через три года после образования Республики Беларусь и в нелегких дискуссиях с руководством Академии наук, законодательно оформившей статус высшей научной организации, функционально независимой от государственных органов управления.

Наукоемкость ВВП в республике снизилась до 0,70–0,81%, в то время как в развитых странах этот показатель равен 2–3%. Темпы обновления продукции в развитых странах составляют до 30% в год, а в Беларуси – только 3%. Уменьшились объемы продукции наукоемких отраслей – электронной промышленности, вычислительной и оптоволоконной техники, роботостроения, телекоммуникаций [21].

Для того чтобы предотвратить складывающиеся негативные тенденции, необходима выработка национальной инновационной стратегии как центрального звена государственной социально-экономической и научно-технической политики. Принятая в 1996 г. программа развития научно-инновационной деятельности Республики Беларусь позволила заложить основы законодательного регулирования в этой сфере. Однако изменения в экономике страны требуют постоянного совершенствования правовых и экономических механизмов инновационной деятельности.

1.3. Государственная научно-техническая и инновационная политика

Сущность государственной научно-технической и инновационой политики. Несмотря на общезначимую роль научно-технических достижений в развитии любой страны и человечества в целом, на-

правления развития, пути и степень использования достижений науки – научно-техническая политика – индивидуальны для каждого государства. Они вытекают из общей стратегии его развития. Поэтому при выработке научно-технической политики любое государство сначала четко формулирует свою стратегию социально-экономического развития, а затем с учетом научно-технического потенциала выделяет в ней стратегию развития науки и техники. Наиболее актуальна такая последовательность в переходный период, когда существенным трансформациям подвергаются политические и экономические основы государства, что имело место после обретения Республикой Беларусь государственной независимости. Важнейшим условием формирования в Республике Беларусь эффективной научно-технической политики является учет приоритетов стратегии социально-экономического развития страны [25].

Научно-техническая политика является неотъемлемой частью социально-экономической политики государства и включает установление целей, принципов, направлений и способов воздействия государства на субъекты научной, научно-технической и инновационной деятельности, порядок взаимоотношений между ними и государством, а также между субъектами научной, научно-технической и инновационной деятельности [37].

Основными целями государственной научно-технической политики Республики Беларусь являются обеспечение социального и экономического развития за счет эффективного использования интеллектуальных ресурсов общества и совершенствование научного, научно-технического и инновационного потенциала как важнейшего фактора социально-экономического прогресса.

Для достижения этих целей государственные органы власти и управления создают правовые, экономические, организационные и иные условия, благоприятствующие научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Основными принципами формирования и реализации государственной научно-технической политики Республики Беларусь являются [37]:

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

• участие органов местного управления и самоуправления в формировании и реализации государственной научно-технической политики;

• участие ученых, их общественных организаций и объединений в формировании и реализации государственной научно-технической политики в республике;

• непосредственная связь научной, научно-технической и инновационной деятельности с образованием, подготовкой научных кадров;

• государственная поддержка одаренных детей, содействие развитию их творческих способностей;

• обеспечение свободы научной, научно-технической и инновационной деятельности, правовая защита интеллектуальной собственности;

• использование преимущественно экономических методов государственного регулирования научной, научно-технической и инновационной деятельности;

• равноправие всех субъектов научной, научно-технической и инновационной деятельности, поощрение конкурсности и конкуренции между ними;

• повышение престижа научного труда и технического творчества;

• взаимовыгодное сотрудничество с другими государствами, создание условий для привлечения иностранных инвестиций на развитие науки и техники, освоение новейших технологий и новых видов продукции;

• открытость научно-технической политики, не приносящая ущерба национальной безопасности, обороноспособности и жизненно важным интересам Республики Беларусь;

• поддержка развития инновационной инфраструктуры.

Государственную научно-техническую политику формируют и осуществляют Президент Республики Беларусь, Национальное собрание, Совет Министров, министерства, другие центральные и местные органы управления, НАН Беларуси в соответствии с полномочиями, установленными законодательством.

Научно-техническая политика государства предусматривает решение следующих актуальных задач [25]:

• обеспечение инновационно-ориентированного развития экономики;

• эффективная государственная поддержка фундаментальной науки;

• совершенствование механизмов и принципов бюджетного финансирования прикладных научных исследований и разработок;

• поддержка кадрового потенциала науки;

• содействие интеграции науки и образования;

• совершенствование структуры научных организаций и повышение эффективности их деятельности, реструктуризации государственного сектора исследований и разработок;

• развитие институтов защиты прав на объекты интеллектуальной собственности;

• содействие формированию и развитию системы инновационных и других фондов поддержки науки;

• развитие производственно-технологической инфраструктуры (технопарки, инновационно-технологические центры, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий и т. п.);

• расширение подготовки кадров для инновационной сферы, обучения инновационному менеджменту;

• стимулирование предприятий к их технологическому перевооружению и производству наукоемкой продукции;

• активизация деятельности в научной сфере малых предприятий, в том числе с частной формой собственности;

• дальнейшее совершенствование законодательных основ научно-технической и инновационной деятельности.

Проводимые в Республике Беларусь исследования и разработки еще недостаточно влияют на создание новой продукции и производств, отвечающих мировому уровню. Поэтому одной из важнейших социально-экономических задач страны в настоящее время является повышение эффективности использования научных разработок в производстве, выпуск на их основе продукции, способной конкурировать на мировых рынках.

К основным факторам, негативно влияющим на активизацию инновационной деятельности в Республике Беларусь, относятся:

• отсутствие эффективной системы определения приоритетов научно-технической и инновационной деятельности на государственном уровне, в отраслях и на предприятиях;

• недостаточное развитие прикладных исследований и разработок, прежде всего, на предприятиях важнейших отраслей экономики;

• несоответствие материально-технической базы организаций, занимающихся исследованиями и разработками, требованиям к современным производственным технологиям;

• недостаточная интеграция в научно-технической, инновационной и производственной сферах на европейском и мировом уровнях;

• несовершенство нормативно-правовой базы интеграции науки и производства в инновационной сфере;

• отсутствие эффективной мотивации участников инновационной деятельности.

Актуальность проблемы приоритетов обусловлена новыми условиями, сложившимися после распада Союза ССР. А реальность такова.

Конкурировать со всем миром и по всем направлениям научно-технического развития и экономики страна просто не в состоянии. Например, только одна немецкая фирма BASF, производящая полимерные материалы (а это одно из важных направлений и нашей химической промышленности), в 2003 г. затратила на исследования и разработки 1,1 млрд. евро. Для сравнения: в Республике Беларусь в том же году внутренние затраты на исследования и разработки составили 223,6 млрд. руб., т. е. всего 72 млн. евро, в концерне «Белнефтехим» –19,8 млрд. руб., или 6,2 млн. евро. Исследованиями и разработками на фирме BASF заняты 5500 сотрудников и еще 2000 на ее дочерних фирмах (534 в концерне «Белнефтехим»). Но, к сожалению, в оценках роли и перспектив развития науки в Республике Беларусь и ее инновационного потенциала со стороны нашего научного сообщества еще нередки рецидивы «имперского» мышления.

В числе ключевых слов, характеризующих государственную научно-техническую и инновационную политику в разного рода директивных документах, чаще других звучит слово «поддержка». Это вызывает ассоциации с известной притчей про коня: «Ну был конь! Семеро держали, но не могли удержать, а отпустили – упал!..».

Очевидно, не менее важной задачей государства, чем «точечная поддержка» инновационной деятельности, является создание эффективных нормативно-правовых основ ее осуществления и экономических механизмов *стимулирования* всех субъектов – ученых и инженеров, учреждений науки и промышленных предприятий, директоров предприятий и частных предпринимателей, руководителей отраслей и банков. Здесь полезно привести известное изречение классика, которое часто повторялось в конце 80-х годов, уже на исходе советской системы управления экономикой: «Идея каждый раз посрамляла себя, как только отделялась от интереса» (К. Маркс).

Цели и задачи инновационной политики. Состояние инновационной деятельности в любом государстве является важнейшим индикатором развития общества и его экономики. В настоящее время инновационная политика в развитых странах является составной частью государственной социально-экономической политики. Она позволяет решать задачи перестройки экономики, непрерывного обновления технической базы производства, выпуска конкурентоспособной продукции, направлена на создание благоприятного экономического климата для осуществления инновационных процессов и является связующим звеном между сферой «чистой» науки и задачами производства.

С учетом актуальности инноваций для достижения социально-экономических целей вопросы активизации инновационной и инвестиционной деятельности определены как один из приоритетов развития Республики Беларусь. «Путь у нас только один – ускоренный переход к экономике инновационной, наукоемкой, ресурсосберегающей, конкурентоспособной на мировом рынке» (А. Г. Лукашенко).

В связи с этим важнейшей социально-экономической задачей республики в настоящее время является повышение эффективности использования научных разработок в производстве. В то же время экономическое, финансовое, материально-техническое состояние, в котором находятся организации, не способствует развитию инновационных процессов в стране. Спрос на отечественную наукоемкую продукцию падает. Белорусские производители начинают терять свое место даже на отечественном рынке, уступая его более качественной продукции зарубежных фирм. Экономическая ситуация в республике, законодательная база в финансово-кредитной области не способствуют привлечению инвестиций в сферу наукоемких производств.

Формирование и реализация инновационной политики предусматривают создание системы, способствующей развитию научно-технического потенциала республики, продвижению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в реальный сектор экономики и послужит рычагом преодоления спада в экономике.

Основной ***целью инновационной политики*** республики является повышение технологического уровня и конкурентоспособности производства.

Инновационная политика в любом государстве независимо от его экономической мощи направлена на развитие научно-технического потенциала, обновление существующих и создание новых технологий в различных отраслях, создание системы коммерциализации научных разработок, активное участие бизнеса в инновациях. «У бизнеса есть только две основные функции: маркетинг и инновации. Маркетинг и инновации создают результаты. Все остальное – только затраты» (П. Друкер).

Инновационная деятельность требует государственного стимулирования, особенно на этапах ее становления. Технологические успехи ряда зарубежных стран стали возможными не только благодаря силе индивидуальной инициативы. Большую роль играло и продолжает играть целенаправленное государственное вмешательство в область инновационной деятельности, включая выработку приоритетов и правовое регулирование соответствующих процессов. Государственное регулирование инновационной деятельности рассматривается в разви-

тых странах как важнейший инструмент формирования экономики, как ключевой фактор обеспечения долгосрочной национальной конкурентоспособности и устойчивого повышения благосостояния населения.

Меры воздействия государства в области инноваций могут быть прямыми и косвенными. Соотношение их определяется экономической ситуацией в стране и избранной в связи с этим концепцией государственного регулирования.

К ***основным задачам государства*** относятся:

- определение приоритетов социально-экономического развития и создание эффективного информационного обеспечения всех субъектов инновационной деятельности;
- формирование нормативной правовой базы инновационной деятельности, стимулирующей ее активность;
- финансовая поддержка инновационной деятельности, создание условий для сохранения и умножения инновационного потенциала;
- формирование и содействие развитию инновационной инфраструктуры; подготовка кадров, ориентированных на инновационную деятельность.

***Принципы инновационной политики государства*:**

- ориентация экономики республики на инновационный путь развития,
- максимальное использование рыночных механизмов активизации инновационной деятельности;
- эффективное использование научно-технического потенциала;
- равенство всех субъектов инновационной деятельности;
- обеспечение правовой охраны объектов интеллектуальной собственности, признание их в качестве источника дохода;
- осуществление гибкой кредитной, налоговой и таможенной политики в отношении инновационной деятельности.

Национальная инновационная система Республики Беларусь включает [22]:

- приоритеты научно-технической и инновационной деятельности,
- систему законодательных актов, регулирующих научно-техническую и инновационную деятельность;
- информационное и идеологическое, научное, научно-техническое, финансовое и кадровое обеспечение;
- систему мониторинга, экспертизы проектов и управления инновационной деятельностью.

Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы, утвержденная Указом Прези-

дента Республики Беларусь от 26.03.2007 г., № 136, предусматривает в качестве стратегической цели «создание инновационной, конкурентоспособной на мировом рынке, наукоемкой, ресурсосберегающей, экологозащитной, социально ориентированной экономики Беларуси, обеспечивающей устойчивое социально-экономическое развитие и повышение качества жизни белорусского народа» [22].

В качестве целей Государственной программы определены:

- интенсивное освоение в производстве новых и высоких технологий путем решения актуальных научно-технических проблем;
- создание образцов конкурентоспособной техники, технологий, обеспечивающих общий подъем уровня интеграционных связей науки и производства и практическую реализацию получаемых научными организациями республики результатов исследований;
- развитие научно-технического и экспортного потенциала Республики Беларусь;
- формирование рынка научно-технической и наукоемкой промышленной продукции.

К задачам Государственной программы относятся:

- повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции в республике и, таким образом, расширение ее экспорта;
- активизация сотрудничества научных и промышленных организаций различной формы собственности на основе взаимной выгоды, расширение кооперации в сфере науки и технологий, финансах, производстве, коммерческой деятельности;
- создание благоприятной обстановки для развития высокотехнологичных производств;
- формирование оптимальных условий для внедрения результатов НИОКР в реальное производство с учетом потребностей рынка;
- укрепление инновационных структур;
- построение национальной инновационной системы;
- формирование благоприятной для инновационной деятельности экономической, правовой и социально-культурной среды;
- модернизация материально-технической базы производства и социальной сферы на основе новых и высоких технологий;
- достижение качественно нового технологического уклада в отраслях экономики;
- повышение уровня высокотехнологичного экспорта, импортозамещения, экономической и энергетической безопасности;
- развитие интеллектуального потенциала и творческой активности населения.

Для реализации Программы предусмотрено привлечение всех доступных финансовых средств – из республиканского бюджета, инновационных и иных фондов, кредитов, иностранных инвестиций, собственных средств субъектов хозяйствования (см. подразд. 2.2). Общий объем финансирования мероприятий Программы на 2007–2010 годы – более 6,1 трлн. руб., из них 2,5 трлн. руб. – за счет средств республиканского бюджета.

Программа охватывает четыре уровня, содержит 1200 заданий. Задания программы ориентированы на техническое перевооружение организаций, участвующих в их выполнении, создание ориентированных на экспорт и импортозамещающих производств, которые базируются на новых и высоких технологиях, а также на совершенствование интеграционных связей науки и промышленности для стимулирования форм деятельности, способствующих росту реализации продукции на внутреннем рынке и за пределами страны.

В выполнении программы участвуют организации НАН Беларуси, высшие учебные заведения, организации Министерства промышленности и других отраслей. Предполагается создать и освоить 100 новых технологий, в том числе 78 отечественных.

Государственная поддержка освоения в производстве новых и высоких технологий будет осуществляться путем оказания прямой и косвенной финансовой помощи исполнителям заданий Государственной программы в рамках установленных для них законодательством льгот, а также посредством совершенствования нормативной правовой базы, что позволит обеспечить формирование в республике благоприятного климата для участников инновационного процесса.

В число приоритетов входит создание в рамках Государственной программы конкурентоспособных на внутреннем и мировом рынках высокотехнологичных видов продукции. При этом экспорт наукоемкой продукции должен составлять не менее половины от общего объема вновь освоенной продукции.

«Реализация Государственной программы позволит сконцентрировать интеллектуальный потенциал государства на решении наиболее актуальной для республики задачи доведения до промышленного производства результатов исследований и разработок по приоритетным направлениям научно-технической политики, обеспечит дальнейшее развитие научно-технического прогресса и материального производства в стране и создаст предпосылки для формирования новых конкурентоспособных производств» [22].

2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

2.1. Нормативно-правовая база

Приоритетные направления. Для обоснования государственной научно-технической политики Правительство организует разработку прогноза социально-экономического развития страны, комплексного прогноза научно-технического прогресса Республики Беларусь. На их основе Президент Республики Беларусь утверждает приоритетные направления научно-технической деятельности, а Правительство принимает другие важные решения по вопросам научно-технического развития.

Различают краткосрочные, среднесрочные и долговременные перспективы. Обычно это 1–2, 5 и 20–25 лет соответственно (по традиции советского периода – годовой, пятилетний и перспективный планы). Системы определения перспектив развития и выбора приоритетов имеются во всех развитых странах, однако подходы и критерии выбора различны.

К приоритетным направлениям научно-технической деятельности на 2006–2010 годы отнесены [25]:

- ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии производства конкурентоспособной продукции;
- новые материалы и новые источники энергии;
- медицина и фармация;
- информационные и телекоммуникационные технологии;
- технологии производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции;
- промышленные биотехнологии;
- экология и рациональное природопользование.

Перечень приоритетных направлений создания и развития новых и высоких технологий, перспективных производств, основанных на таких технологиях, включает, в частности:

- информационные технологии и электронику;
- технологии, основанные на применении новых видов сырья, конструкционных материалов, снижении норм расхода сырьевых и топливно-энергетических ресурсов;
- композиционные материалы и материалы с особыми свойствами;

• энерго- и ресурсосберегающие технологии межотраслевого применения;

• нанотехнологии, включая технологическое оборудование и др.

Указанные направления научно-технической деятельности в целом соответствуют приоритетам, обозначенным в передовых в технологическом отношении государствах, в частности, в 7-й Рамочной программе финансирования научных исследований Европейского Союза на 2007–2013 гг. [70]. В то же время при выборе приоритетов для нашей небольшой страны, пожалуй, не менее важное значение, чем соответствие мировым тенденциям развития науки и техники, имеет экономическое обоснование возможностей промышленного освоения новых продуктов и технологий, которые могут появиться в результате исследований и разработок. Известно, что затраты на освоение могут оказаться на один-два порядка выше, чем затраты на создание экспериментальных образцов продукции и установок. К тому же нужна соответствующая инфраструктура – конструкторские и технологические организации и предприятия, способные разработать и изготовить промышленное оборудование, необходимое для производства новых веществ, материалов, изделий, средств технологического оснащения.

Приоритеты научно-технической и инновационной деятельности реализуются через Государственную программу инновационного развития Республики Беларусь; государственные народнохозяйственные и социальные программы (ГНХП), государственные комплексные целевые научно-технические программы (ГКЦНТП), государственные научно-технические программы, региональные (РНТП), отраслевые (ОНТП) и межгосударственные научно-технические (МНТП) программы [22, 62].

Соответствие основным критериям выбора приоритетов и заданий реализующих их программ – объективности и обоснованности – существенно зависит от способа организации этого процесса. Отсутствие независимого и авторитетного института мониторинга и экспертизы обусловливает известный субъективизм формирования приоритетов, программ и заданий.

Поскольку включение тех или иных направлений развития науки и техники в число приоритетных так или иначе связано с бюджетным финансированием, то на формирование перечня приоритетов неизбежно оказывают влияние интересы отдельных ученых, научных институтов, предприятий и отраслей. Очевидно, по этим соображениям в число ***критических технологий***, т. е. межотраслевых и ключевых для

развития всей экономики Республики Беларусь, включены такие, как лесозаготовительное производство, производство фанеры и спичек, молока и мяса, заготовка кормов, металлургия черных и цветных металлов и многие другие традиционные узкоотраслевые технологии.

По формулировкам многих пунктов даже перспективного плана научно-технического развития страны порой нетрудно «вычислить» авторов и научное учреждение, в котором они работают, а мнение эксперта, занимающего в данный момент более высокую должность, часто оказывается весомее, чем аргументы десятка других.

Законодательные акты. К законодательным актам, регулирующим научную и инновационную деятельность в Республике Беларусь, относятся Гражданский кодекс и законы Республики Беларусь, декреты и указы Президента Республики Беларусь.

Гражданский кодекс Республики Беларусь [36] определяет правовое положение участников гражданского оборота, основания возникновения и порядок осуществления права собственности и иных вещных прав, прав на результаты интеллектуальной деятельности, регулирует отношения между лицами, осуществляющими предпринимательскую деятельность, договорные и иные обязательства, а также иные имущественные и связанные с ними личные неимущественные отношения. В соответствии с Гражданским кодексом заключаются договоры на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ. Гражданский кодекс устанавливает авторские права на произведения науки и компьютерные программы, права на объекты промышленной собственности – изобретения, полезные модели, промышленные образцы, секреты производства (ноу-хау) и др. (см. позразд. 2.3).

Закон «Об основах государственной научно-технической политики» [37] является основополагающим в научно-технической сфере и предусматривает комплекс методов и средств участия государства в управлении научной, научно-технической и инновационной деятельностью. Закон определяет, в частности, что наука находится под опекой государства и пользуется его поддержкой как исключительно важная сфера для экономического развития, развития культуры, общественных отношений, и обеспечивает экономические и правовые гарантии научной, научно-технической и инновационной деятельности. Закон регулирует отношения, возникающие между государственными органами и субъектами научной, научно-технической и инновационной деятельности в процессе формирования и реализации государственной научно-технической политики.

Закон «О научной деятельности» [38] направлен на создание благоприятных условий для осуществления научной деятельности, усиление государственной поддержки науки как необходимого условия экономического и социального развития Республики Беларусь, повышения интеллектуального и культурного уровня ее граждан, укрепления авторитета и независимости государства. В нем определены виды, результаты, субъекты, участники и принципы государственного регулирования научной деятельности.

Различные аспекты научной и инновационной деятельности регулируются также законами Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» [39], «Об обеспечении единства измерений» [40], «О патентах на изобретения и полезные модели» [41], «Об научно-технической информации» [42], «О Национальной академии наук Беларуси» [43], «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития» и др.

Нормативно-правовую основу научной и инновационной деятельности дополняют также декреты (имеющие силу закона) и указы Президента Республики Беларусь, постановления Совета Министров Республики Беларусь, постановления Государственного комитета по науке и технологиям, НАН Беларуси, других органов государственного управления в части их полномочий в данной сфере управления. Основные положения этих нормативных актов рассматриваются в последующих разделах в связи с соответствующими аспектами научной и инновационной деятельности.

Как уже отмечалось выше, законодательная база научной и инновационной деятельности в Республике Беларусь еще далека от полноты и совершенства, что является одной из серьезных причин несоответствия уровня этой деятельности перспективным задачам социально-экономического развития страны. Для устранения данного недостатка Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы предусматривает разработку и принятие ряда новых законодательных и нормативно-правовых актов, регулирующих инновационную деятельность, включая законы Республики Беларусь «Об инновационной деятельности», «О венчурной деятельности», «Об охраняемой информации», а также указов Президента Республики Беларусь и постановлений Совета Министров по ряду актуальных вопросов [22].

Стандарты и технические нормативные акты. Техническое нормирование и стандартизация имеют целью повышение конкурентоспособности продукции (услуг); технической и информационной

совместимости, а также обеспечение взаимозаменяемости продукции; единства измерений; рационального использования ресурсов [40].

Техническое нормирование – деятельность по установлению обязательных для соблюдения технических требований, связанных с безопасностью продукции, процессов ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказания услуг.

Стандартизация – деятельность по установлению технических требований в целях их всеобщего и многократного применения в отношении постоянно повторяющихся задач, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в области разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции или оказания услуг.

Закон Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» [39] регулирует отношения, возникающие при разработке, утверждении и применении технических требований к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказанию услуг, правовые и организационные основы технического нормирования и стандартизации.

Стандарт – технический нормативный правовой акт, разработанный в процессе стандартизации на основе согласия большинства заинтересованных субъектов технического нормирования и стандартизации и содержащий технические требования к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказанию услуг.

В зависимости от заинтересованных субъектов стандартизации различают:

- *международный стандарт* – стандарт, утвержденный (принятый) международной организацией по стандартизации, например стандарты ИСО (*ISO – International Standards Organization*);
- *межгосударственный (региональный) стандарт* – стандарт, утвержденный (принятый) межгосударственной (региональной) организацией по стандартизации, в частности стандарт стран СНГ (ГОСТ);
- *государственный стандарт Республики Беларусь* (СТБ) – стандарт, утвержденный Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь;
- *стандарт организации* (*предприятия*) – стандарт, утвержденный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, например СТП БГТУ.

К техническим нормативным правовым актам относятся также:

• ***технические условия*** – технический нормативный правовой акт, утвержденный юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем и содержащий технические требования к конкретным типу, марке, модели, виду реализуемой ими продукции или оказываемой услуге, включая правила приемки и методы контроля;

• ***технические требования*** – технические нормы, правила, характеристики и (или) иные требования к объектам технического нормирования или стандартизации;

• ***технический регламент*** – технический нормативный правовой акт, определяющий непосредственно и (или) путем ссылки на технические кодексы установившейся практики и (или) государственные стандарты Республики Беларусь, обязательные для соблюдения технические требования, связанные с безопасностью продукции, процессов ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказания услуг;

• ***технический кодекс установившейся практики*** – технический нормативный правовой акт, содержащий основанные на результатах установившейся практики технические требования к процессам разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции или оказанию услуг.

Техническое нормирование и стандартизация основываются на принципах:

• обязательности применения технических регламентов;

• доступности технических регламентов, технических кодексов и государственных стандартов, информации о порядке их разработки, утверждения и опубликования для пользователей и иных заинтересованных лиц;

• приоритетного использования международных и межгосударственных (региональных) стандартов;

• использования современных достижений науки и техники;

• обеспечения права участия юридических и физических лиц, включая иностранные, и технических комитетов по стандартизации в разработке технических кодексов, государственных стандартов;

• добровольного применения государственных стандартов.

С целью учета и идентификации уполномоченный государственный орган регистрирует технические нормативные правовые акты, присваивает им регистрационные номера.

Государственное регулирование и управление в области технического нормирования и стандартизации осуществляют Президент Республики Беларусь, Совет Министров, Государственный комитет по стандартизации, Министерство архитектуры и строительства и иные государственные органы в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Совет Министров обеспечивает проведение единой государственной политики в области технического нормирования и стандартизации, создание и функционирование системы технического нормирования и стандартизации; устанавливает порядок разработки, утверждения, государственной регистрации, проверки, пересмотра, изменения, отмены, применения, официального издания технических регламентов; утверждает технические регламенты; устанавливает порядок государственного надзора за соблюдением требований технических регламентов и требования, предъявляемые к государственным инспекторам, осуществляющим государственный надзор за соблюдением технических регламентов.

Государственный комитет по стандартизации координирует разработку технических регламентов и государственных стандартов; утверждает, вводит в действие, отменяет государственные стандарты; регистрирует технические нормативные акты и государственные стандарты; осуществляет государственный надзор за соблюдением требований технических регламентов; участвует в работе по международной и межгосударственной (региональной) стандартизации; создает и ведет Национальный фонд технических нормативных правовых актов в порядке, определяемом Советом Министров Республики Беларусь. Министерство архитектуры и строительства осуществляет реализацию единой государственной политики в области технического нормирования и стандартизации по вопросам архитектуры, градостроительства и строительства.

Некоторые важнейшие стандарты, относящиеся к научной и инновационной деятельности, указаны в списке литературы. Их содержание раскрывается ниже в связи с различными аспектами научной и инновационной деятельности.

В научно-технической и инновационной деятельности наибольшее применение находят следующие группы стандартов:

- стандарты, определяющие терминологию в научно-технической и инновационной сфере, порядок осуществления этих видов деятельности, в частности стандарты Системы разработки и постановки продукции на производство;

• стандарты по отдельным видам работ, выполняемых в процессе исследований и разработок, в частности стандарты, определяющие порядок проведения НИР и ОКР, патентных исследований, охраны и оценки объектов интеллектуальной собственности; информационное обеспечение и отчетность;

• стандарты Единой системы конструкторской документации, Единой системы технологической документации, Системы технологической подготовки производства; систем обеспечения единства измерений, испытаний, оценки, контроля и обеспечения качества и сертификации продукции.

Учет требований стандартов и других нормативных документов предусмотрен законодательством, а потому является обязательным.

2.2. Управление и финансирование

Наука и инновации как объекты управления. ***Управление*** в широком смысле – это функция организованных систем – экономических, социальных, технических и других, предусматривающая целенаправленное воздействие для поддержания, развития и повышения эффективности функционирования этих систем.

Научно-техническая и инновационная сфера является частью экономической системы государства, отрасли, предприятия, поэтому управление данной сферой неотделимо от управления экономикой на соответствующем уровне – государственном, отраслевом, субъектов хозяйствования. Управление научно-технической и инновационной деятельностью субъектов хозяйствования включает также уровень структурных единиц – отдела, лаборатории, группы, а на государственном уровне – и отдельных субъектов научной и инновационной деятельности, в том числе научных работников и инженеров-разработчиков, – через нормативно-правовые акты, регулирующие квалификационные требования, режимы труда и формы оплаты.

Общий критерий эффективности управления – достижение поставленной цели в кратчайшие сроки, с максимальной результативностью, при оптимальном уровне расходования ресурсов [9].

Управление научной, научно-технической и инновационной деятельностью отличается от управления другими сферами экономики ввиду особенностей объекта управления, к которым относятся:

• высокая степень неопределенности состава и структуры работ;

• неопределенность условий достижения и самого результата;

- повышенная роль личностных факторов;
- субъективность оценки путей достижения и результатов;
- наличие элементов саморегулирования и самоорганизации.

Осуществление инновационных проектов неизбежно связано с риском, т. е. возможностью неполучения ожидаемого результата. Однако осознание особенностей научной, научно-технической и инновационной деятельности как объекта управления и неизбежности риска далеко не всегда трансформируется в адекватные механизмы управления. «Если хочешь чего-то нового, надо рисковать, согласен. Но если вся научная деятельность и, по крайней мере, предложения, которые от вас (ученых) исходят, представляют собой риск и ошибки, то у нас нет лишних средств для того, чтобы их тратить на риски и ошибки. Поэтому давайте все-таки как-то определимся, какой должен быть удельный вес этого риска в научных исследованиях» (А. Г. Лукашенко).

Статистику превращения идей в продукцию химической промышленности иллюстрирует рис. 2.1.



Рис. 2.1. Числовые характеристики пути
от идеи к продукту (по зарубежным данным)

Из этих данных, согласно сюжету известной сказки, следует: «Нужно поцеловать 175 лягушек, чтобы найти принцессу» (О. Гассман). Здесь, наверное, не самый убедительный ответ на поставленный выше вопрос об учете риска при управлении научной и инновационной деятельностью.

Подходы, применяемые на практике государственными органами, работающими по плановой модели, по-прежнему остаются идеализированными, а механизмы – в основе своей детерминистическими. Учет в этой модели неопределенности объекта управления, вероятностного характера результатов и условий его достижения затруднен по принципиальным соображениям: «план – это закон!», а нарушение за-

кона неизбежно преследуется (тоже по закону). И это несмотря на многочисленные и общеизвестные примеры: 6-я советская пятилетка, лунные программы – американская «Аполлон» и советская с ракетой Н-1, космические челноки «Shuttle» и «Буран», российский проект «Булава», американский «Dreamliner», европейский «Аэробус А-380» и многие др. Во всех такого рода крупных инновационных проектах либо вообще не были достигнуты запланированные показатели, либо для получения требуемого результата потребовалось существенно больше времени и средств, чем планировалось.

Известно, что первоначальные оценки ученых в силу свойственного им оптимизма оказываются преимущественно заниженными по срокам и стоимости исследований и разработок, а по их результатам, напротив, – завышенными. Согласно зарубежной статистике, отношение фактических затрат на НИОКР к плановым составляет в среднем при разработке морских судов – 1,2; истребителей – 1,7; бомбардировщиков – 3,0, ракет – 5,2 [35]. Возможно, наша детерминистическая система планирования НИОКР основывается на том обстоятельстве, что ни один из перечисленных видов техники в нашей стране не разрабатывается и не производится.

Органы государственного управления. Государственное управление в сфере научной и инновационной деятельности в Республике Беларусь осуществляют Президент Республики Беларусь, Совет Министров, Государственный комитет по науке и технологиям, Высшая аттестационная комиссия, Национальная академия наук Беларуси, иные государственные органы в соответствии с их компетенцией. При Совете Министров создается Комиссия по вопросам государственной научно-технической политики, в которую входят представители органов государственного управления, НАН Беларуси, научных учреждений и предприятий.

ГКНТ осуществляет регулирование и управление в сфере научной и инновационной деятельности, охраны прав на объекты интеллектуальной собственности и координирует деятельность в этой сфере других республиканских органов государственного управления. Он анализирует мировые технологические тенденции; готовит Правительству предложения по вопросам формирования инновационной инфраструктуры и создания высокотехнологичных производств; обеспечивает развитие системы научно-технической информации; контролирует выполнение научно-технических программ, научное обеспечение государственных, отраслевых и региональных программ, инновационных и международных научно-технических проектов, а также ос-

воение в производстве результатов НИОК(Т)Р, выполнявшихся за счет бюджетных средств; планирует подготовку научных работников высшей квалификации в целом и по отраслям науки.

В его подчинении находятся Национальный центр интеллектуальной собственности, Белорусский инновационный фонд (Белинфонд), Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы, Республиканская научно-техническая библиотека, региональные центры научно-технической информации.

При ГКНТ создаются координационные советы по приоритетным направлениям научно-технической деятельности, в которые входят представители государственных органов управления, научных учреждений и предприятий, осуществляющих исследования и разработки в соответствующих направлениях. Создаются также экспертные советы, осуществляющие оценку проектов для включения в состав программ разного уровня.

НАН Беларуси является высшей государственной научной организацией Республики Беларусь, выполняющей также отдельные функции органа государственного управления [43]. Она организует и координирует проведение фундаментальных и прикладных научных исследований и разработок; осуществляет научно-методическое обеспечение организации фундаментальных и прикладных научных исследований, развития информатизации; вносит предложения по финансированию научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь; контролирует совместно с ГКНТ эффективность использования государственных средств, выделяемых на финансирование исследований и разработок; проводит научно-техническую экспертизу предложений по вопросам приобретения за рубежом высоких технологий и дорогостоящего оборудования, прав на использование изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, селекционных достижений за счет средств республиканского бюджета; совместно с Комитетом осуществляет аккредитацию научных организаций, утверждает состав экспертных советов, создаваемых для проведения государственной научной экспертизы и государственной научно-технической экспертизы.

НАН Беларуси подчиняется Президенту Республики Беларусь и подотчетна Совету Министров Республики Беларусь. При НАН Беларуси создаются Совет по координации фундаментальных и прикладных исследований, а также межведомственные экспертные советы по приоритетным направлениям фундаментальных исследований.

ВАК осуществляет государственную политику в области аттестации научных и научно-педагогических работников высшей квалификации и подчиняется непосредственно Президенту Республики Беларусь.

В министерствах, других органах государственного управления имеются отделы (управления), отвечающие за организацию научно-технической деятельности.

При анализе функций государственного управления научной и инновационной деятельностью в стране нельзя не отметить двойственность управляющих органов и специфическую особенность распределения функций между ГКНТ и Академией наук. НАН Беларуси, внося предложения по финансированию фундаментальных и прикладных исследований и разработок (безусловно и в первую очередь, с учетом интересов входящих в ее состав научных учреждений) и выполняя эти исследования и разработки, фактически определяет направления научно-технического развития страны, а ГКНТ обеспечивает их практическую реализацию и отвечает перед Правительством за освоение в производстве результатов НИОК(Т)Р, в том числе в НАН Беларуси, и за эффективное использование выделенных средств.

Методы управления. В зависимости от механизма формирования управляющих воздействий различают рыночную, плановую и авторитарную модели управления экономикой со стороны государства. В зависимости от модели управления экономикой различаются и схемы управления научно-технической и инновационной деятельностью субъектов хозяйствования.

Рыночная модель характеризуется преобладанием экономических механизмов регулирования в рамках, установленных законодательством.

Рыночная модель предусматривает большую самостоятельность субъектов хозяйствования в части осуществления научно-технической и инновационной деятельности в зависимости от стратегии развития и ситуации на рынке.

Конкуренция как ведущий фактор развития рыночной экономики стимулирует проведение исследований и разработок, в первую очередь, на крупных фирмах. Их общие затраты на исследования и разработки в странах рыночной экономики, как правило, превышают затраты на эти цели из государственного бюджета (рис. 2.2).

Многие новые виды продукции, существенно повлиявшие впоследствии на развитие мировой экономики, возникли на фирмах и стали основой их последующего развития: автомобили конвейерной сбор-

ки – Ford, нейлон – Du Pont, полупроводники – Bell, компьютеры – IBM, программные средства – Microsoft, микропроцессоры – Intel.

Опыт Республики Беларусь также подтвердил эффективность «заводского сектора науки». Наличие на ряде крупных предприятий страны – МАЗ, МТЗ, МЗКТ, БелАЗ, БелОМО, «Атлант», «Планар», «Белкоммунмаш», «Гомсельмаш» и других – собственных и достаточно сильных исследовательских и конструкторских подразделений позволило им в переходный период, когда были утрачены прежние инновационные механизмы, создать новые виды изделий и тем самым обеспечить успешное развитие производства.

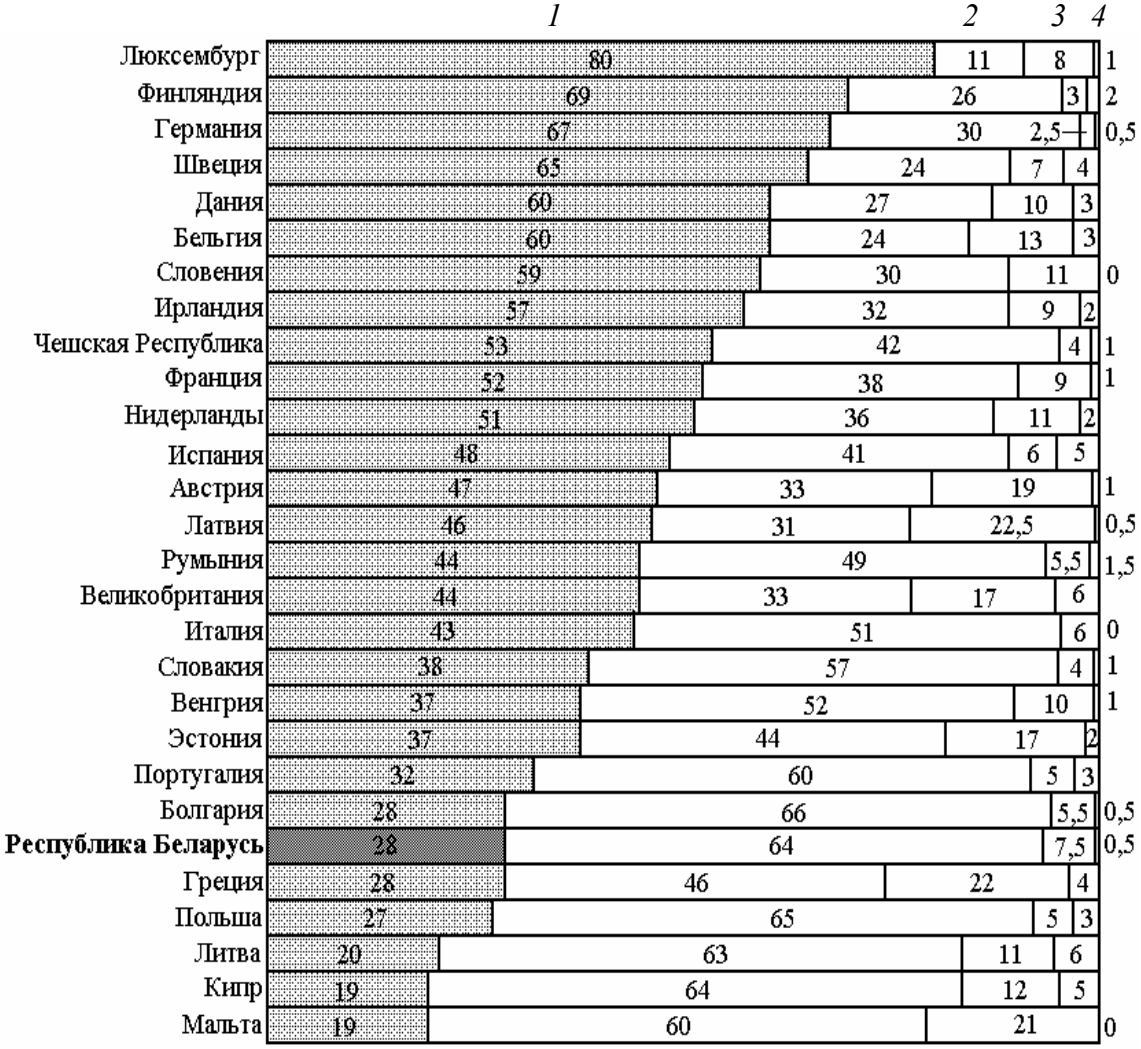


Рис. 2.2. Структура затрат на научные исследования и разработки по источникам финансирования в Республике Беларусь и странах ЕС в 2004 г. (в процентах):
1 – средства предприятий; *2* – бюджет;
3 – зарубежные источники; *4* – прочие [21]

Для ***плановой модели*** характерно директивное установление основных параметров экономической и научно-технической деятельности предприятий на базе выработанных государственными органами общих показателей социально-экономического развития страны.

Централизация в руках государства финансов, экономического и научно-технического потенциала позволяет при определенных условиях более эффективно управлять научными и экономическими ресурсами, поэтому элементы плановой модели в той или иной форме присутствуют в разных странах, но наиболее типична плановая модель для стран с повышенными политическими амбициями. Как показал советский опыт, для успешного социально-экономического развития необходимы также механизмы превращения результатов исследований и разработок в конкурентоспособную продукцию, т. е. адекватные инновационные механизмы, включающие систему определения приоритетов, формирование заказа на НИОКР, налоговую политику, подготовку кадров, льготное кредитование предприятий, осваивающих новую продукцию, и др.

Авторитарная (от лат. *autoritaras* – власть) ***модель*** включает режимы «ручного» управления, корректировку высшим органом власти при необходимости законодательных актов и иных механизмов, регулирующих хозяйственную деятельность отдельных субъектов и экономики в целом в зависимости от конкретной ситуации, складывающейся в экономике страны или в деятельности конкретного предприятия.

Каждая модель имеет определенные достоинства и недостатки, поэтому в чистом виде не применяется ни в одной из стран мира. Модели управления разных стран характеризуются лишь различными соотношениями между указанными методами управления.

Рыночная модель, например, предусматривает наличие законодательства, в котором тщательно сбалансированы интересы предпринимателей, страны и ее граждан. Она предоставляет больше свободы действий предприятиям и наиболее эффективна при стабильных внешних условиях, но оказывается слишком инерционной и дает сбои на «крутых поворотах» экономической ситуации (что и наблюдалось в условиях финансового кризиса 2008–2009 гг.).

Авторитарная модель позволяет оперативно реагировать на изменения экономической ситуации, дифференцированно учитывать приоритеты государства в отношении отдельных отраслей и предприятий, но малопривлекательна для бизнеса, поскольку не гарантирует равных для всех и стабильных условий осуществления инновационных проектов.

Нередко идеологические или политические приоритеты вступают в противоречие с логикой экономического развития отдельных предприятий и страны в целом. Примером, когда «идеологическая телега» была поставлена впереди «экономической лошади», служит советская система, обладавшая достаточно развитым научно-техническим и производственным потенциалом, но не выдержавшая конкуренции с западной в экономической сфере из-за неспособности сбалансировать идеологические установки с интересами предприятий и граждан. Иной подход и потому иные результаты в экономике наглядно демонстрирует Китай, следующий принципу, сформулированному Дэн Сяо Пином: «Не важно, какого цвета кошка, лишь бы она мышей ловила».

Плановая (и административно-командная) модель управления экономикой, преобладавшая в Союзе ССР, после обретения Республикой Беларусь государственного суверенитета постепенно уступает место рыночной модели управления, поэтому признаки обеих моделей с присущими им достоинствами и недостатками сохраняются, что типично для переходного периода.

Один из элементов плановой модели управления – программно-целевой метод планирования НИОКР, предусматривающий формирование программ, направленных на решение конкретных проблем, достижение конкретного технического или экономического результата и согласующих цели работ, взаимосвязанные частные задачи, пути их решения и необходимые для этого ресурсы с конечными результатами. При формировании таких программ применяют системный подход, включающий единство цели, задач, плана, методов, связей, результатов и способов их оценки. Примерами успешной реализации программно-целевого метода планирования НИОКР могут служить многие советские программы в области разработки военной техники и освоения космоса.

Программно-целевой метод эффективен, если цели намечены четко, результаты достаточно конкретны, для их оценки установлены строгие критерии, а программу формирует и ее выполнение контролирует государственный орган, отвечающий за развитие соответствующих отраслей экономики. Если отсутствуют единая цель и четкая стратегия ее достижения, в программу, называемую в этом случае составной [62], включается некая совокупность тем (заданий), по названиям близких к объявленной области исследований и разработок, но не предусматривающих взаимоувязанных усилий, направленных на достижение единого результата (этот прием сами ученые называют «стогованием»).

Тематика научных организаций и их подразделений чаще всего формируется по инициативе руководителей организации или ученого-лидера и реже – по заданиям вышестоящих органов управления. Она зависит от многих объективных и случайных факторов – наличия (объявления) подходящих программ, условий конкурса, соответствия предлагаемых тем и решений целям и задачам программ и качества представления заявки, наличия задела, авторитета организации и ученых-лидеров. Отсюда вытекают особенности управления исследованиями и разработками на уровне организации (научного учреждения):

- нестабильность тематики, изменение содержания работ, выполняемых отдельными сотрудниками и организацией, а потому неравномерная загрузка исполнителей и подвижность состава структурных подразделений;
- индивидуальный характер работы исполнителей, сложность нормирования и оценки результатов.

Эффективность управления на уровне организаций, а по сути – эффективность выполнения НИОКР, зависит от исходной информации, четкости формулирования цели и постановки задач исследования, от принятой методики и организации исследований, квалификации и наличия внешних связей и коммуникабельности исполнителей, морально-психологического климата, системы стимулов и санкций, материально-технического обеспечения. В связи с этим различные аспекты управления НИОКР на уровне организаций более детально рассматриваются ниже, в соответствующих разделах. Здесь же ограничимся лишь некоторыми общими замечаниями.

Как и управление на государственном уровне, управление исследованиями и разработками в организациях разного профиля в основе своей сохранило традиции и прежние методы. В каких-то компонентах жесткая система управления, присущая плановой экономике, имеет определенные достоинства. Однако опыт прошлого дает основания и для размышлений о более эффективных путях выполнения исследований и разработок в организации и ее структурном подразделении. И не только потому, что в силу специфики НИОКР жесткие планы всегда не выгодны исполнителю. Согласно рыночной модели, путь к эффективности – не жесткие рамки плана, а четкие требования к результату и критериям его достижения, гибкие механизмы стимулирования эффективного и высокопроизводительного труда исследователей и разработчиков.

В советский период ориентация на эффективное решение конкретных социально-экономических задач часто подменялась задачей

достижения определенных показателей. Так, ВВП – один из статистических показателей развития экономики, включающий в основном затраты на производство товара и оказание услуг и потому не отражающий их эффективность, превратился чуть ли не в цель экономической деятельности страны. С этим в 80-х годах безуспешно боролся известный советский экономист с символической фамилией Д. Валовой. Но и сегодня проблема соотношения количества и качества применительно к экономике страны достойно не решена и не ушло в прошлое увлечение количественными показателями в ущерб качественным. В равной мере это замечание относится и к сфере научной и инновационной деятельности. Так, простое увеличение затрат на исследования и разработки вдвое или даже втрое вовсе не гарантирует эквивалентный рост выпуска новой высокотехнологичной продукции и размеров получаемой прибыли. Как говорят математики, это необходимо, но недостаточно.

На уровне научных учреждений в свое время модной была борьба с «мелкотемьем», т. е. с выполнением работ, имеющих относительно малую стоимость. Но чисто арифметическое «укрупнение» тематики часто приводило лишь к увеличению затрат, но не к повышению их эффективности. То же касается и требований сокращения сроков выполнения работ. С одной стороны, ясно, что чем быстрее будет выполнена разработка, тем раньше возможно ее освоение в производстве. Сокращение сроков работы не обязательно повышает качество выполняемой работы, в частности получаемых технических решений, а скорее, наоборот. Следовательно, любое стремление сократить сроки работ должно сопровождаться всесторонним анализом возможностей и последствий, а тем более директивное принуждение повысить эффективность научной и инновационной деятельности и экономики в целом не должно сводиться к доведению только сокращенных сроков.

В числе других направлений борьбы за эффективность исследований и разработок следует упомянуть и борьбу с дублированием тем, т. е. за исключение работ, имеющих близкую тематику, направленных на решение одной и той же задачи. С одной стороны, это очевидный путь к сокращению затрат. Но с другой, только проработка различных вариантов приводит к достижению оптимального научного и технического решения. В значительной мере благодаря «дублированию» заданий и последующего конкурсного отбора в СССР в течение небольшого периода были созданы весьма совершенные системы авиационной и ракетной техники как результат выполнения нескольких

дублирующих проектов, представленных конкурирующими коллективами. Так что проблема здесь не в дублировании как таковом, а в грамотной организации исследований и разработок на государственном уровне, в частности в создании эффективной системы управления, включающей выбор направлений исследований и разработок, объективную оценку их результатов и принятие обоснованных решений по освоению в производстве.

«Многовекторность» поиска – типичная стратегия крупных западных фирм, самостоятельно осуществляющих исследования и разработки с целью систематического обновления продукции и технологии производства. Она исходит из понимания стохастического характера формирования потребностей рынка, самого процесса поиска эффективных научных и технических решений и его возможных результатов.

Государственные научно-технические программы. Научная и инновационная деятельность в Республике Беларусь регулируется законами Республики Беларусь и разрабатываемыми на их основе положениями. Предусмотрена централизация управления научной и инновационной деятельностью через государственные программы различного вида и содержания.

Фундаментальные и прикладные исследования осуществляются согласно программам, разрабатываемым НАН Беларуси в соответствии с приоритетными направлениями научно-технической деятельности.

По целевому назначению различают:

- государственные программы фундаментальных исследований (ГПФИ), направленные на получение новых знаний и способов их применения;
- государственные программы ориентированных фундаментальных исследований (ГПОФИ), направленные на решение крупной научной проблемы и выяснение возможностей использования полученных знаний в практической сфере;
- государственные программы прикладных научных исследований (ГППИ), направленные на установление путей практического применения научных результатов.

Эти программы разрабатываются и выполняются преимущественно научными учреждениями НАН Беларуси и высшими учебными заведениями.

Исследования и разработки, ориентированные на создание новых видов продукции и новых технологий, осуществляются в основном в рамках научно-технических программ разного уровня – государственных, региональных, отраслевых, а также и инновационных проектов.

Научно-технические программы – это комплекс увязанных по ресурсам, исполнителям и срокам выполнения заданий, включающих проведение исследований, ОКР и ОТР по приоритетным направлениям научно-технической деятельности, завершающихся созданием новой или усовершенствованной технологии, новой продукции, других инноваций и их освоением (внедрением). Они могут быть частью (научным обеспечением) ГНХП.

ГНТП разрабатываются для решения наиболее значимых народнохозяйственных, экологических, социальных и оборонных проблем, РНТП – для решения важных научно-технических проблем развития территориальных единиц (регионов), ОНТП – для решения проблем развития отрасли. Они основываются на результатах фундаментальных и прикладных исследований, выполненных в Республике Беларусь или за рубежом.

Инновации, разрабатываемые в процессе выполнения НТП, должны удовлетворять требованиям международных стандартов, экологической безопасности, иметь высокие технико-экономические характеристики, быть конкурентоспособными. Программы могут быть монообъектными (направленными на освоение единой инновации) и составными (включающими задания по ряду инноваций) [62].

Проект перечня ГНТП и РНТП разрабатывает ГКНТ. Проекты ГНТП на конкурсной основе и за счет собственных средств, а также проекты ОНТП разрабатывают республиканские органы государственного управления или НАН Беларуси, выступающие в качестве государственного заказчика. В рамках ГНТП предусматривается создание новых машин, оборудования и приборов, новых материалов, веществ и инструментов, новых технологических процессов, сортов растений, программных средств, методик и иной научно-технической продукции.

Проекты ГНТП содержат технико-экономическое обоснование программы и обоснование выбора государственного заказчика и головной организации – исполнителя программы, предварительный перечень проектов заданий. Координационные советы по приоритетным направлениям научно-технической деятельности, создаваемые при ГКНТ, выступают в качестве конкурсных комиссий по ГНТП.

После утверждения Советом Министров Республики Беларусь перечня ГНТП и РНТП проводится конкурс проектов заданий.

Проект задания для включения в ГНТП должен содержать сведения о содержании, сроках выполнения исследований и разработок и освоения их результатов в производстве (в форме календарного плана),

технические и экономические характеристики объекта разработки в сравнении с аналогами (карту технического уровня), технико-экономическое обоснование целесообразности выполнения работ и объема запрашиваемых средств. К договору с головной организацией-исполнителем программы прилагается также техническое задание на разработку (см. подразд. 3.2).

Конкурсный отбор заданий ГНТП и инновационных проектов, финансируемых из республиканского бюджета, осуществляется на основе результатов государственной научно-технической экспертизы, для проведения которой привлекаются на договорной основе ведущие научные учреждения, общественные организации ученых, а также отдельные ученые и специалисты, в том числе зарубежные. Применяемые при этом критерии оценки новых научных результатов, предлагаемых к разработке новых видов продукции и новых технологий, обсуждаются в разд. 3.

На 2006–2010 гг. в соответствии с указанными выше приоритетами научно-технической деятельности сформировано 19 ГНХП; 26 ГНТП, среди которых: «Машиностроение», «Технологии и оборудование машиностроения», «Радиоэлектроника», «Микроэлектроника», «Ресурсосбережение», «Белсельхозмеханизация», «CALS-технологии», «ОПТОТЕХ», «Городское хозяйство», «Эталоны и научные приборы», «Химические технологии и производства», «Новые материалы и технологии», «Строительные материалы» и др.; по направлениям «Медицина и фармация» – 3; «Информационные и телекоммуникационные технологии» – 2; «Технологии производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции» – 1; «Промышленные биотехнологии» – 1; «Экология и рациональное природопользование» – 3. Перечень программ и решаемые ими задачи периодически обновляются.

Некоторые программы включают задания, объединенные не единой целью, а лишь направлением исследований и разработок, а способ их формирования не вполне соответствует сформулированному выше программно-целевому принципу. Случаи концентрации усилий ряда научных учреждений на решении единой комплексной проблемы являются, скорее, исключением, чем правилом.

Государственным заказчиком ГНТП должны выступать органы государственного управления, отвечающие за развитие соответствующих отраслей экономики страны. Однако на практике этот принцип не всегда соблюдается. Госзаказчиком ряда ГНТП выступает НАН Беларуси, в функциях которой такая ответственность не прописана.

Имеются значительные резервы совершенствования системы организации исследований и разработок в Республике Беларусь, сокращения субъективной составляющей, в некоторой степени связанной с восприятием частью научного сообщества государственных научно-технических программ как одной (но не самой лучшей) из форм «поддержки» науки.

Субъекты научной и инновационной деятельности. Субъекты и участники научной и инновационной деятельности различаются по юридическому статусу, форме собственности, подчиненности, видам деятельности и другим признакам (рис. 2.3).

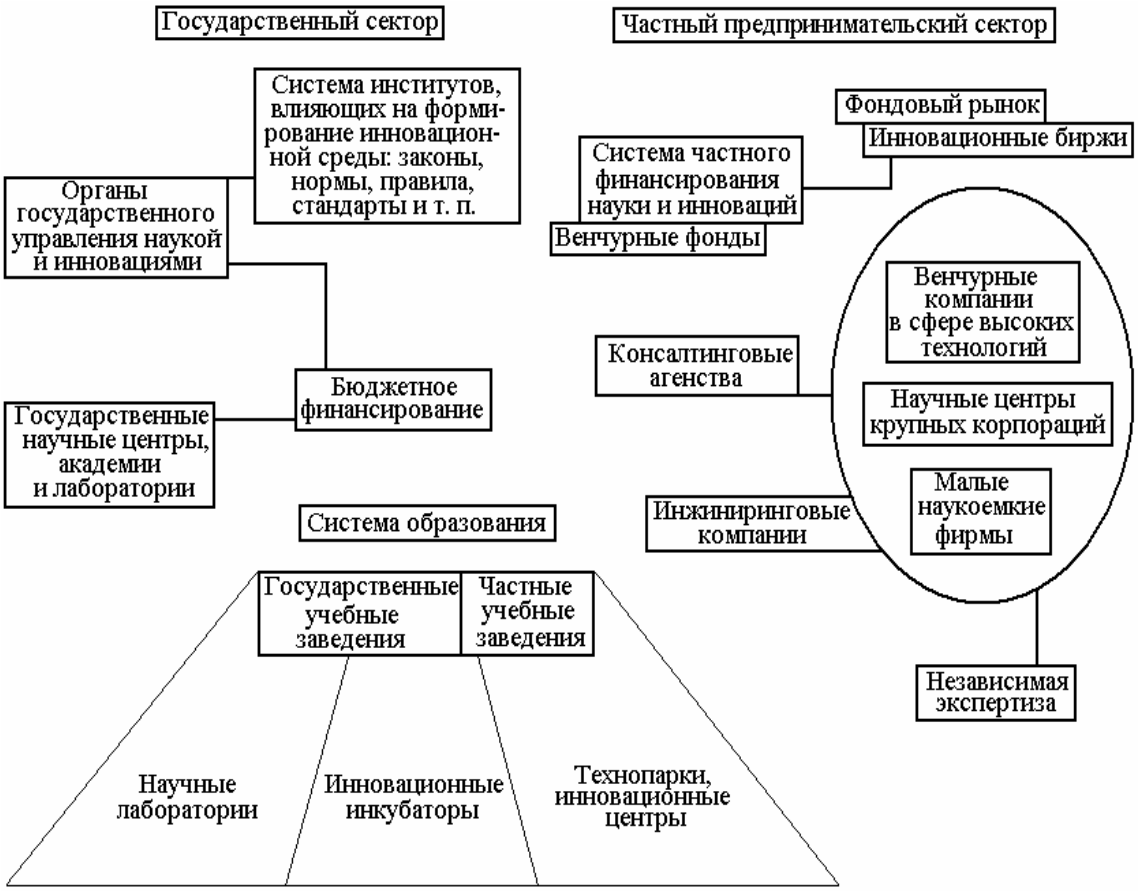


Рис. 2.3. Структура Национальной инновационной системы [25]

Согласно Закону «О научной деятельности» [38], субъектами научной деятельности (т. е. исполнителями НИР) могут быть физические лица (граждане); временные научные коллективы и юридические лица – научные организации; учреждения, обеспечивающие получение высшего и послевузовского образования, повышение квалификации и переподготовку кадров. К участникам научной деятельности

относятся инвесторы, заказчики и организации, осуществляющие информационное, патентно-лицензионное, метрологическое, программное, организационно-методическое, техническое обеспечение научной деятельности. Отношения между субъектами и участниками научной деятельности строятся на договорной основе и регулируются Гражданским кодексом, основанными на нем подзаконными актами.

Юридические лица (согласно Гражданскому кодексу и в соответствии с учредительными документами) имеют в собственности, хозяйственном ведении или оперативном управлении обособленное имущество, могут приобретать имущественные или личные неимущественные права, несут самостоятельную ответственность по своим обязательствам.

В зависимости от рода деятельности юридические лица могут быть коммерческими (извлекающие прибыли в результате своей деятельности) и некоммерческими, а по отношению к собственности [36]:

- унитарными предприятиями (не наделенными правом собственности), в частности государственными (использующими в своей деятельности государственную собственность на правах хозяйственного ведения или оперативного управления) или частными;
- учреждениями, выполняющими некоммерческие функции;
- акционерными обществами (собственник – акционеры);
- производственными кооперативами, имущество которых образуется за счет паевых взносов его членов);
- обществами с ограниченной ответственностью, уставный фонд которых разделен на доли участников и др.

Научная организация – юридическое лицо, объем научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ которого составляет не менее 70% общего объема выполняемых им работ, а учредительными документами предусмотрен ученый (научно-технический) совет как орган управления. К компетенции ученого (научно-технического) совета относятся: определение тематики научной деятельности организации; подготовка рекомендаций о создании структурных подразделений и другим вопросам организации НИОКР; оценка деятельности структурных подразделений, ВНК, научных работников, организации в целом; вопросы конкурсного замещения должностей и др.

Временный научный коллектив – добровольное объединение научных работников и специалистов без образования юридического лица, создаваемое по договору с научной организацией для более эффективного выполнения исследований и разработок.

К научным организациям (научным учреждениям) могут относиться научно-исследовательские институты и центры, научные отделы и лаборатории, наделенные статусом юридического лица. Научные организации могут быть государственными и частными, коммерческими и некоммерческими, отличаться способами формирования уставного фонда и управления имуществом.

Для целей статистики в Республике Беларусь различают государственный, предпринимательский и вузовский секторы науки (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Научные организации Республики Беларусь в 2007 г. [21]

Сектор	Число	Доля, %
Государственный	131	38,5
Предпринимательский	146	42,9
Вузовский	63	18,6
Всего	340	100

Государственный сектор образуют организации республиканских и местных органов управления, работающие в области государственного управления, обороны, охраны общественного порядка, здравоохранения, культуры, социального обеспечения, включая некоммерческие, т. е. не ставящие задачей получение прибыли.

Предпринимательский сектор (сектор коммерческих организаций) образуют организации, связанные с производством продукции или оказанием услуг, в том числе находящиеся в государственной собственности.

Вузовский сектор включает учреждения образования, а также учреждения науки, иные подразделения, находящиеся в составе (подчинении) высших учебных заведений или обеспечивающие их деятельность.

Из общего числа организаций, выполнявших исследования и разработки в Республике Беларусь в 2007 г., 298 (87,6%) организаций находится в государственной собственности, и только 42 (12,4%) – в частной. 208 организаций (61,2%) расположено в Минске.

Национальная академия наук Беларуси является высшей государственной научной организацией Республики Беларусь. На момент создания Академии наук (в 1929 г.) в научных учреждениях работали всего 128 чел., из них 87 – научные сотрудники. В 2009 г. в состав НАН Беларуси входило 7 отделений, объединивших 90 институтов и других научных учреждений, проектно-конструкторских и экспериментальных организаций с общей численностью 16 300 человек, из них 11 550 сотрудников, выполнявших исследования и разработки

(37,8% общего числа таковых в стране), в том числе 6100 научных сотрудников, 510 докторов и 1930 кандидатов наук.

В научных учреждениях НАН Беларуси в 2007 г. было выполнено 31,8% общего объема исследований и разработок страны (см. также табл. 2.2). Это больше, чем в основных отраслях материального производства – в Министерстве промышленности и в концерне «Белнефтехим» – вместе взятых (28,7%).

Таблица 2.2

Распределение организаций и работников, выполнявших исследования и разработки [21]

Тип организации	Число организаций	Численность работников
Организации НАН Беларуси и органов управления	131	14 262
Научно-исследовательские институты	34	5 282
Конструкторские и технологические организации	36	3 649
Промышленные организации	68	4 447
Прочие коммерческие организации	8	365
Университеты	45	2 211
Институты, конструкторские, технологические и другие организации Минобразования	18	1 078
Всего	340	31 294

Субъекты научной и инновационной деятельности в системе министерств и других органов государственного управления весьма разнообразны по своему названию, профилю деятельности, юридическому статусу, численности работников, структуре и подчиненности. Согласно отраслевой классификации, они относятся к разделам «Наука и научное обслуживание», «Образование» и «Прочие отрасли экономики». К научно-исследовательским организациям отнесены:

- организации министерств и других органов государственного управления, включая НАН Беларуси;
- организации местных органов управления;
- отраслевые научно-исследовательские институты;
- научно-исследовательские институты (центры), подведомственные высшим учебным заведениям.

В числе иных организаций, выполняющих исследования и разработки:

- конструкторские, проектно-конструкторские, технологические организации;
- проектные и изыскательские организации строительной отрасли;
- промышленные организации;
- опытные базы.

Научно-исследовательские институты и центры, находящиеся в системе НАН Беларуси, министерств и других органов управления, – государственные научные учреждения, обладающие правом юридического лица. Они выполняют фундаментальные и прикладные исследования, готовят научные кадры, участвуют в других видах научной и инновационной деятельности в соответствии с уставом. Распределение научных организаций по отраслям науки и экономики, по регионам отражают в большей мере структуру, сложившуюся еще в советские времена, чем реальные перспективы развития соответствующих отраслей экономики и социальной сферы Республики Беларусь. Ряд научно-исследовательских институтов и центров входит в состав государственных университетов, некоторые из них имеют статус юридического лица.

Научные исследования и разработки проводят промышленные организации, подчиненные министерствам и другим органам государственного управления, имеющие статус республиканских унитарных предприятий или акционерных обществ. В их состав входят исследовательские, конструкторско-технологические и испытательные подразделения, образующие «заводской сектор науки» (см. табл. 2.1). Структура и состав таких подразделений самая различная. Наиболее типичными организационными формами являются технические отделы, отделы (управления) главного конструктора, главного технолога и главного механика, заводские испытательные лаборатории (рис. 2.4).

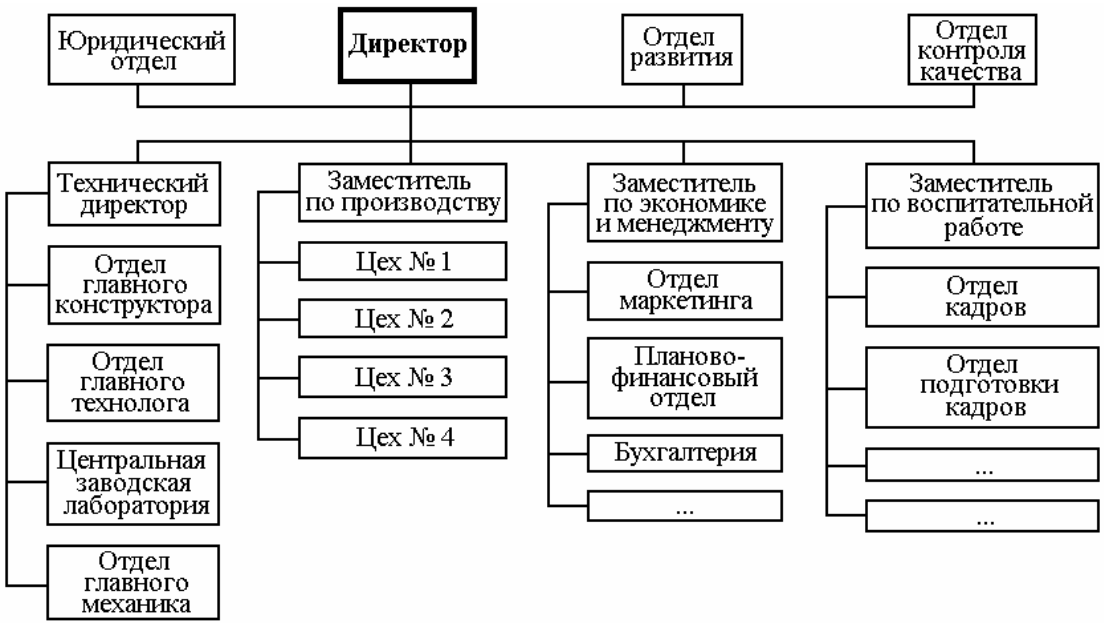


Рис. 2.4. Структура предприятия

Так, в системе Министерства промышленности функционирует 71 исследовательская организация, в которых работают 6282 сотрудника. В числе организаций Минпрома, выполняющих исследования и разработки, 49 промышленных предприятий, имеющих в своем составе исследовательские, конструкторско-технологические и испытательные подразделения и составляющие «заводской сектор науки». Они участвуют в выполнении заданий ряда государственных научно-технических программ и в процессе исследований взаимодействуют (на основе договоров) с научными учреждениями НАН Беларуси, с высшими учебными заведениями.

Организация и проведение фундаментальных и прикладных научных исследований в высших учебных заведениях являются обязательным компонентом подготовки высококвалифицированных специалистов.

Высшие учебные заведения в Республике Беларусь относятся к следующим типам: классический университет, профильный университет, академия, институт, высший колледж.

Организацию научных исследований и разработок в вузах обеспечивают научно-исследовательские части – в ведущих университетах – и научно-исследовательские секторы, являющиеся структурными подразделениями вузов (рис. 2.5).

В состав вузов могут входить также НИИ, НИЦ, научно-исследовательские лаборатории, конструкторско-технологические и испытательные бюро, опытные станции и другие подразделения, выполняющие исследования и разработки (в отдельных случаях с правом юридического лица или с самостоятельным балансом).

Всего в системе Минобразования республики, согласно статистике 2007 г., насчитывалось 43 организации, проводящие исследования и разработки, с общей численностью штатных работников 2829 и среднегодовой численностью совместителей и лиц, работающих по договорам гражданско-правового характера, 7850 (при общей численности профессорско-преподавательского состава 15 415, аспирантов – 1606 человек). Общая численность профессорско-преподавательского состава во всех вузах республики составляла 21 707 человек. На фоне мощной академической системы наука в высшей школе республики занимает довольно скромное положение. Внутренние затраты на исследования и разработки, выполняемые в вузах, составили в 2007 г. всего 12% от общего объема затрат [21].

Предусмотрено несколько организационных форм проведения исследований и разработок в высших учебных заведениях.

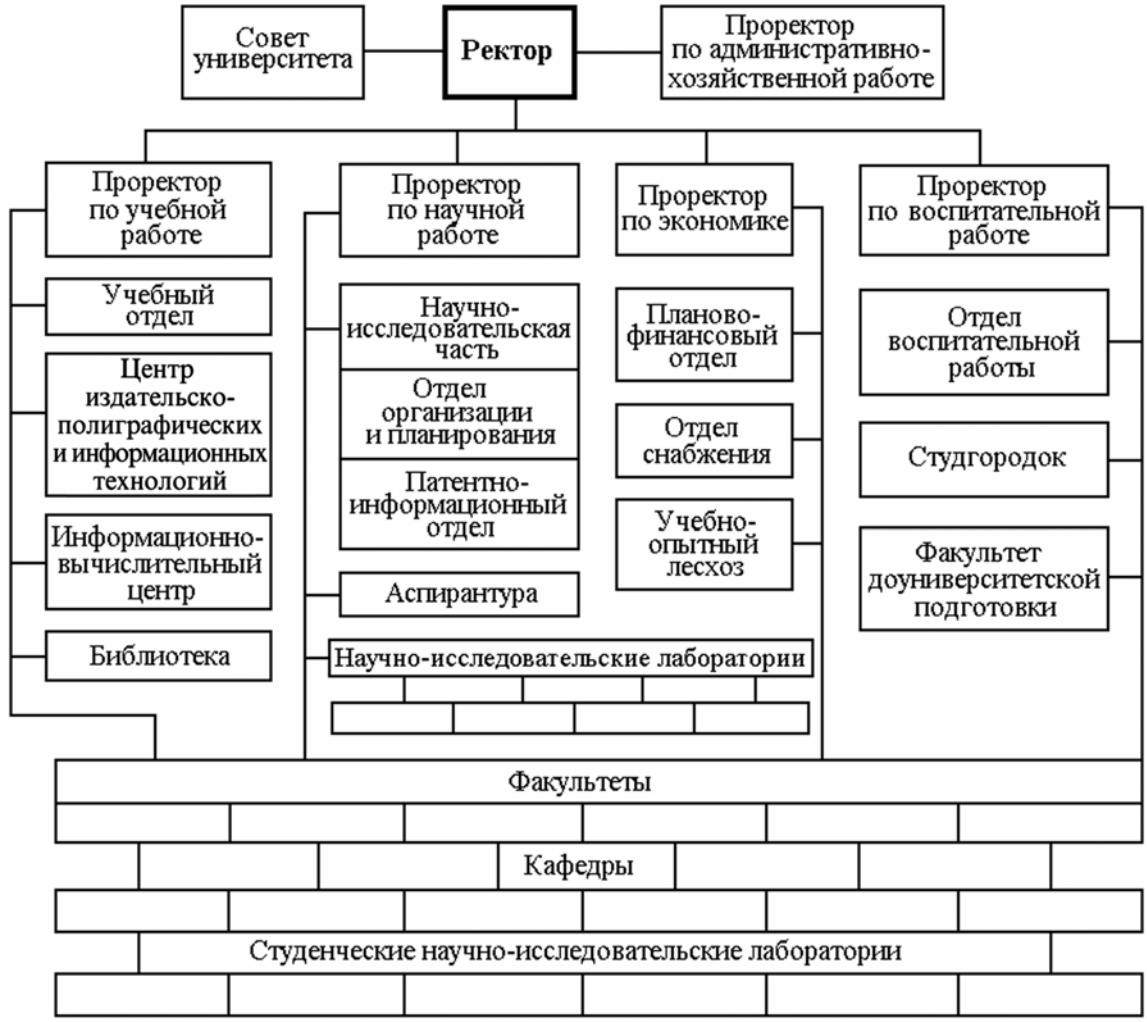


Рис. 2.5. Структура технического университета (БГТУ)

Во-первых, все преподаватели обязаны участвовать в научных исследованиях за счет так называемой «второй половины рабочего дня». Причем «первая половина рабочего дня» – собственно преподавательская работа в последние годы существенно расширилась и составляет от 50 до 70% общего бюджета рабочего времени. Во «вторую половину рабочего дня» помимо научной включаются также методическая работа (в том числе подготовка к занятиям, написание учебно-методических материалов и т. п.) и воспитательная работа, роль и объемы которой в последние годы также существенно выросли. Потому на научную работу приходится не более 20% общего бюджета рабочего времени преподавателя. В пределах этого времени выполняются кафедральные темы, объединяющие обычно разнопрофильные задания преподавателей одной кафедры. Соответственно не столь весомы и результаты «кафедральной» научной работы, хотя индивиду-

ально они очень сильно различаются. К выполнению кафедральных тем привлекаются и студенты (также без дополнительной оплаты).

Практикуемые в последние годы механизмы ежегодной оценки результативности работы вузовских преподавателей и дифференцированные системы оплаты труда способствуют активизации научной работы профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений, в том числе в свободное от основной работы время.

Отдельную категорию научных работников высших учебных заведений составляют аспиранты и докторанты, работающие по утвержденной советом вуза индивидуальной теме диссертационного исследования (см. подразд. 2.3).

Важным обстоятельством, стимулирующим исследования и разработки преподавателей вузов, является возможность работы по совместительству, по договорам подряда, в составе ВНК при выполнении дополнительно к кафедральным темам заданий программ и проектов, финансируемых из других источников, – грантов фонда фундаментальных исследований (ФФИ), заданий ГПФИ, ГППИ и ГНТП, хозяйственных договоров, международных проектов и пр. Степень участия и размеры оплаты сильно зависят от научной квалификации исполнителя, занимаемой им должности или вида договора, источника финансирования, а потому очень дифференцированы.

В оплачиваемых из дополнительных источников исследованиях и разработках участвуют помимо преподавателей штатные научные сотрудники, инженеры, техники и лаборанты, а также аспиранты и студенты.

Аналогичным образом организованы научные исследования и разработки в высших учебных заведениях, подчиняющихся другим органам управления.

Для научных организаций характерно структурирование по тематике, разрабатываемой научным лидером – авторитетным ученым, руководителем научной организации или ее подразделения, – так называемые *научные школы*. Наличие научных школ является важным фактором активизации научных исследований, выработки более эффективных решений за счет обмена информацией и конкуренции между сотрудниками, работающими над близкими проблемами, взаимного дополнения направлений исследования – так называемого «синергического» (от гр. *synergos* – совместно действующий) эффекта, наличия компетентных оппонентов, обеспечивающих критическую оценку достижений и выявление возможных ошибок. Однако в отдельных случаях существование сильных и авторитетных научных

школ, особенно при определенной (негативной) ментальности – складе ума, способе мышления, человеческих качествах лидера может препятствовать развитию смежных направлений, принятию альтернативных, хотя и более эффективных решений.

Инновационная инфраструктура. К субъектам инновационной инфраструктуры в Республике Беларусь отнесены научно-технологические парки (***технопарки***), ***центры трансфера технологий*** и ***венчурные организации***.

Технопарк – коммерческая организация с численностью до 100 работников, целью которой является содействие развитию предпринимательства в научной, научно-технической, инновационной сферах и создание условий для осуществления инновационной деятельности резидентами технопарка.

Резидентом (от лат. *residens* – пребывающий) *технопарка* считаются юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, использующие имущество парка, в том числе помещения, для исследований и разработок или для производства новой продукции на основе выполненных ими или иными лицами исследований и разработок.

Технопарк оказывает содействие своим резидентам в создании производств с новыми технологиями либо производств, основанных на высоких технологиях и выпускающих высокотехнологичную продукцию, в рекламе и в продвижении продукции на внешний рынок, оказывает иные услуги, связанные с научной, научно-технической и инновационной деятельностью резидентов.

Технопарки как форма содействия инновационной деятельности получили достаточно широкое распространение во многих развитых и развивающихся странах, но, как показывает опыт первых технопарков, созданных в Республике Беларусь (БГУ, 1994; «Могилев», 1996; «Метолит», 1997), эта форма прививается в большими трудностями из-за ограниченности рынка научно-технической продукции, несовершенства нормативно-правовой базы и чрезмерной «жесткости» документов, регламентирующих деятельность.

Центр трансфера (от англ. *transfer* – перемещать, передавать) ***технологий*** – коммерческая организация, осуществляющая исследования рынка, передачу инноваций для практического использования, обеспечивающая правовую защиту и введение в гражданский оборот инноваций высших учебных заведений, научных и иных организаций, оказание инженерных и консультационных услуг.

Центры трансфера технологий имеются в НАН Беларуси и в Министерстве образования.

Венчурная (от англ. *venture* – рисковать) ***организация*** – коммерческая организация, осуществляющая финансирование инновационных проектов путем предоставления целевых займов. Она может приобретать имущественные права на результаты научной, научно-технической и инновационной деятельности, оказывать управленческие, консультационные и иные услуг лицам, выполняющим инновационные проекты.

Венчурная деятельность основана на риске. «Какая-либо фирма, банк или просто богатый человек выделяют 50–100 тыс. дол. – это обычная сумма – или даже миллион и не спрашивают, каким образом эти деньги будут потрачены» (А. П. Гришанович). Такая деятельность не свойственна ни нашей плановой экономике, ни нашим предпринимателям, но вызывает большое подозрение у контролирующих органов, поэтому пока еще не нашла применения в Беларуси.

Известны и другие эффективные формы содействия инновационной деятельности, получившие распространение за рубежом, – инновационные бизнес-инкубаторы, лизинговые фирмы, технополисы и другие [1], но Республике Беларусь еще предстоит их освоение. Правда, высказываются и иные суждения: «Легенда об особой роли мелких форм в экономике, а тем более в техническом прогрессе, основана на их адаптационных возможностях, их способности к быстрым имитациям. Надо различать инновации, создание новых изделий и технологий, и имитацию – распространение уже найденного технологического принципа и разработанной схемы, возможно, с частичными усовершенствованиями и приспособлением к новым сферам применения… Инновации доступны только крупным, финансово независимым организациям» (С. П. Ткачев).

Финансирование исследований и разработок. В целях развития науки и инновационной деятельности осуществляется их государственное финансирование из республиканского и местных бюджетов. Для финансирования научной, научно-технической и инновационной деятельности создаются также специальные научные и инновационные фонды, используются средства предприятий и организаций, средства бюджета Союзного государства и иные источники. В последние годы намечается тенденция возрастания доли бюджетных затрат и сокращения объемов финансирования за счет других источников (рис. 2.6).

Национальное собрание Республики Беларусь устанавливает нижнюю границу общих затрат на научную, научно-техническую и инновационную деятельность в расходной части бюджета, а также долю расходов на финансирование фундаментальных и прикладных научных исследований.



Рис. 2.6. Распределение внутренних затрат на исследование и разработки в Республике Беларусь по источникам финансирования (в процентах) [21]

За счет бюджетных средств финансируют:

- фундаментальные и прикладные научные исследования;
- выполнение научно-технических программ;
- подготовку, повышение квалификации и аттестацию научных кадров;
- развитие материально-технической базы научных учреждений и организаций;
- работы по договорам о международном научно-техническом сотрудничестве;
- исследования и разработки по инновационным проектам;
- научно-техническое обеспечение деятельности органов государственного управления;
- капитальные вложения, связанные с научной, научно-технической и инновационной деятельностью;
- развитие государственной системы научно-технической информации, включая содержание научно-технических библиотек, информационных центров и фондов, подготовку и издание научно-технической и научно-методической литературы (в том числе периодических изданий), проведение научных и научно-практических конференций, семинаров, симпозиумов, выставок и т. п., обеспечение функционирования научно-информационных компьютерных сетей, пропаганду научных и научно-технических знаний;
- некоторые социальные затраты (до одного процента ассигнований, выделяемых научным учреждениям, общественным организациям и объединениям ученых на научную, научно-техническую и инновационную деятельность);
- экспертизу научно-технических программ и инновационных проектов.

Доля средств на исследования и разработки, выделяемых из республиканского бюджета, имеет в последние годы устойчивую тенденцию к сокращению: 2,8% – 1997 г., 2,6% – 2000 г. и 2,0% – 2007 г., сокращается и доля бюджетного финансирования исследований и разработок по отношению к ВВП: 0,51%, 0,39% и 0,35% соответственно [21]. Эта тенденция не вполне согласуется с указанной выше стратегической целью научно-технической политики государства – созданием инновационно-ориентированной экономики, конкурентоспособной на мировом рынке.

Порядок финансирования научной, научно-технической и инновационной деятельности за счет средств республиканского бюджета устанавливается Советом Министров по согласованию с Президентом Республики Беларусь. Правительство утверждает также объемы финансирования по государственным программам фундаментальных и прикладных исследований, научно-техническим программам.

Фундаментальные исследования финансируются почти исключительно за счет средств бюджета, поскольку их цель – «удовлетворение любопытства ученых за государственный счет» (Г. Н. Артюшевский). Доля затрат на эти цели в общем объеме бюджетного финансирования имеет тенденцию роста (уже более 30%). Средства, выделяемые из бюджета, неравномерно распределены по отраслям наук. Более высокая доля бюджетного финансирования фундаментальных исследований по гуманитарным наукам – почти 90%, по естественным – около 50%, по сельскохозяйственным – 8%, а по техническим – всего 5%.

При выполнении прикладных исследований и разработок наряду с бюджетными привлекаются внебюджетные средства. Согласно положению, для выполнения ГППИ в области естественных и технических наук должны использоваться внебюджетные средств в размере не менее 15% от стоимости работ. Доля прикладных исследований в общем объеме финансирования исследований и разработок по техническим наукам также невелика – менее 15%, по естественным – 30%.

Примерное соотношение объемов финансирования научно-технических программ разного уровня, сложившееся в последние годы, следующее: ГНХП – 24%, ГНТП – 70%, РНТП – 2%, ОНТП – 4%.

Для создания и практического освоения новых и усовершенствования существующих технологий, видов продукции и услуг осуществляются инновационные проекты, разрабатываемые на конкурсной основе. Инновационные проекты могут выполняться самостоятельно

или быть составной частью государственных, отраслевых, региональных и межгосударственных научно-технических программ.

Финансирование научной, научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь осуществляется также за счет средств научных и инновационных фондов: Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, Белинфонда, отраслевых инновационных фондов [70].

Научный фонд – некоммерческая организация, финансирующая научную деятельность по результатам открытых конкурсов от имени государства по специальному поручению, от своего имени или от имени физических и (или) юридических лиц, принявших участие в учреждении этого фонда.

Источниками формирования научных фондов являются ассигнования из государственного бюджета, добровольные отчисления заинтересованных министерств, иных республиканских органов государственного управления, предприятий и организаций, граждан, зарубежных фирм и организаций, а также доходы от собственной деятельности фондов. Источниками специальных инновационных фондов являются отчисления предприятий и организаций в размере до одного процента от себестоимости продукции (работ, услуг) с отнесением этих отчислений на себестоимость продукции (работ, услуг).

Размеры финансирования исследований и разработок за счет средств научных и инновационных фондов относительно невелики, но эти фонды имеют важное значение для обеспечения множественности источников (диверсификации) финансирования. Так, БРФФИ помимо краткосрочных проектов фундаментальных исследований по приоритетным направлениям финансирует проекты, выполняемые молодыми учеными или с участием молодых ученых, проекты, выполняемые совместно с зарубежными учеными, издание научных трудов, проведение научных конференций, участие ученых в зарубежных научных конференциях и иных мероприятиях, оказывает финансовую помощь в развитии материально-технической базы исследований и др. Средства выделяются в форме грантов.

Грант – средства, предоставляемые физическим и (или) юридическим лицам в денежной либо натуральной форме для проведения научных исследований на условиях, определяемых договором. Гранты на проведение научных исследований на конкурсной основе помимо БРФФИ выделяют также органы государственного управления, например Министерство образования, высшие учебные заведения, НАН Беларуси, другие научные организации.

Белинфонд способствует развитию инновационного предпринимательства, созданию и освоению новой наукоемкой продукции и новых технологий.

Финансирование Белинфондом или непосредственно ГКНТ инновационных проектов осуществляется преимущественно на возвратной основе и в объеме до половины общей стоимости проекта.

Для обоснования технико-экономических параметров и целесообразности финансирования инновационного проекта заявитель представляет бизнес-план (см. подразд. 3.1). Значимость проекта оценивается по следующим критериям:

- актуальность и соответствие стратегии развития инновационной деятельности;
- техническая, технологическая, финансовая, организационная возможность и целесообразность реализации в намечаемых условиях;
- обоснованность инвестиций;
- конкурентоспособность производимой продукции (работ, услуг) и перспективность рынков сбыта, эффективность стратегии маркетинга;
- сравнительные показатели эффективности и устойчивости.

Для исследований и разработок предприятия промышленности используют также собственные средства. Научные организации и вузы привлекаются при необходимости для выполнения отдельных частей работ по хозяйственным договорам. Доля средств организаций в общих затратах на исследования и разработки в Республике Беларусь относительно невелика – немногим более 10% (см. табл. 2.2). Невелики и иностранные источники финансирования исследований и разработок – 5,3%, причем направлены они, как и собственные средства предприятий, преимущественно на исследования и разработки технического профиля. Еще меньше (менее 3%) затраты на исследования и разработки из бюджета Союзного государства, хотя объем этих затрат имеет тенденцию к увеличению.

Ввиду множественности источников финансирования исследований и разработок, перераспределения средств, выделенных из одного источника, между разными исполнителями в процессе выполнения работ усложняется учет общих размеров финансирования на уровне организации и государства в целом.

Общие объемы финансирования исследований и разработок разделяют по источникам – бюджетные средства (из республиканского и местных бюджетов, поступающие непосредственно или через головного исполнителя программы, задания), внебюджетные средства из научных и инновационных фондов, собственные средства заказчика НИОКР, международные программы и т. п. (табл. 2.3)

Таблица 2.3

Затраты на исследования и разработки по источникам финансирования и отраслям наук в 2007 г. (млрд. руб.) [21]

Источник	Всего	По отраслям наук					
		Естественные	Технические	Медицинские	Сельскохозяйственные	Общественные	Гуманитарные
Бюджет	424,6	94,3	232,1	28,1	35,4	27,3	7,4
Внебюджетные фонды	8,7	2,4	4,3	0,3	0,9	0,9	–
Средства госорганизаций	26,9	6,0	17,6	0,9	0,5	1,5	0,6
Средства предпринимательского сектора	60,9	5,8	51,9	0,3	1,7	1,0	0,3
Собственные средства	361,1	4,5	350,3	0,6	5,5	–	–
Иностранные источники	49,2	2,5	44,9	–	1,5	0,2	0,1
Прочие	3,4	0,7	1,1	–	0,6	0,2	0,2
Итого	934,8	116,2	702,2	30,2	46,6	31,1	8,6

Доля бюджетных средств в общем объеме затрат на исследования и разработки в последние годы увеличивалась и достигла почти 2/3 (см. рис. 2.2). Это не типично для стран с рыночной экономикой, где финансирование исследований и разработок осуществляется в основном за счет средств предприятий. В то же время Республика Беларусь уступает большинству стран Европы как по бюджетным ассигнованиям на науку и разработки, отнесенным к ВВП, так и в целом по доле внутренних затрат на исследования и разработки (рис. 2.7).

Отношение затрат на исследования и разработки к ВВП страны, к объему продукции, произведенной в отрасли или реализованной отдельным предприятием, принимают в качестве характеристики ***наукоемкости*** соответственно ВВП, продукции отрасли или предприятия и используют для сравнения объемов финансирования исследований и разработок в разных странах, на предприятиях различных отраслей.

Имеется вполне очевидная связь между видом продукции и долей затрат на исследования и разработки в различных отраслях экономики.

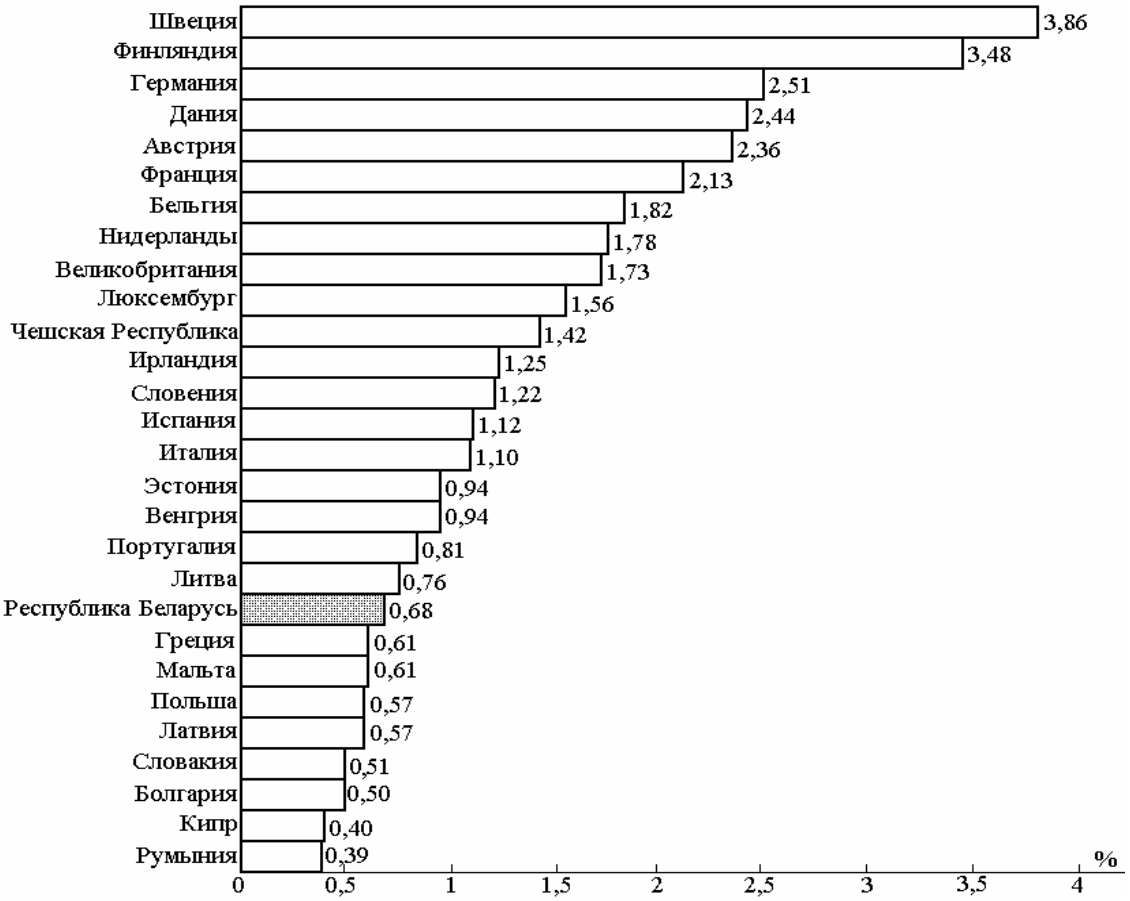


Рис. 2.7. Внутренние затраты на научные исследования и разработки в Республике Беларусь и странах ЕС в 2005 г., в процентах к ВВП [21]

В отраслях, связанных с добычей сырья или использующих преимущественно традиционные технологии, затраты на исследования и разработки не превышают обычно 1% объемов реализации продукции (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Показатели наукоёмкости продукции некоторых отраслей экономики

Отрасль	Наукоёмкость, %
Машиностроение в целом	1,5–2,5
Автомобилестроение	1,0–1,5
Самолето- и ракетостроение	8–15
Производство приборов и компьютеров	4,0–6,5
Производство средств связи	2,5–5,0
Химическая промышленность	2,5–4,0
Горная промышленность, нефтедобыча	0,5–1,5
Деревообработка	0,3–0,6
Сельское хозяйство	0,3–0,7
Фармацевтическая промышленность	10–16

Высокие доли затрат на исследования и разработки при производстве средств вычислительной техники, в самолето- и ракетостроении и некоторых других отраслях обусловлены сложностью разрабатываемых видов техники, большими затратами на предпроектные исследования и испытания, на отработку конструкции и технологии изготовления. Большими затратами на испытания продукции обусловлена и высокая наукоемкость продукции фармацевтической промышленности. В отраслях с большими объемами производства (в том числе в автомобилестроении, несмотря на сложность конструкции и высокую конкуренцию) и в добывающих отраслях доля затрат на исследования и разработки значительно меньше.

Как и другие валовые показатели, данный показатель наукоемкости применительно к конкретной продукции и конкретному предприятию не всегда отражает качественную сторону исследований, разработок и их влияние на развитие производства. Затраты на НИОКР могут быть высокими, а отдача – малой. Так, если судить по объемам затрат на исследования и разработки, то наукоемкость нашей сельскохозяйственной продукции в 2–3 раза выше, чем в странах Европы, однако это совсем не означает, что эта продукция значительно опережает западную по качеству и другим технико-экономическим показателям.

Далее, сегодняшние затраты конкретного предприятия на НИОКР могут отразиться на качестве продукции и эффективности производства только в последующие годы. И, как свидетельствует статистика ФРГ, зависят затраты предприятий на НИОКР в текущем году в большей мере не от получаемой прибыли, а от прибыли, полученной еще в позапрошлом году.

Общие затраты на исследования и разработки, поступающие из разных источников, во избежание двойного учета разделяют на внутренние (стоимость работ, выполненных собственными силами организаций) и внешние – стоимость работ, выполненных сторонними организациями по договорам.

Внутренние затраты делятся на текущие и капитальные. К текущим относят затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды, материальные затраты – приобретение специального оборудования для выполнения работ, материалов, комплектующих, топлива, энергии, командировочные расходы и др. Капитальные затраты включают приобретение земельных участков, строительство и покупку зданий, приобретение оборудования, включаемого в состав основных средств.

Текущие затраты составляют более 90% всех расходов исследования и разработки, а на оплату труда приходится до 50% текущих за-

трат. Преобладание текущих расходов, в первую очередь на зарплату, относительно малые расходы на новое оборудование и приборы (в области технических наук всего 5,3% [21]) обусловлены тем, что научно-техническая сфера страны все еще работает не в режиме развития, а в режиме выживания.

Отношение внутренних затрат на НИОКР к численности работников, ведущих исследования и разработки, иногда отожествляют с производительностью их труда. Здесь этот термин совсем неуместен, поскольку результаты труда научного работника и инженера определяются совсем не количеством израсходованных средств, а качеством полученных научных и технических решений (см. подразд. 4.4). В данной сфере справедлива закономерность: «Чем выше квалификация исполнителя, тем дешевле обходится его труд».

Государство обычно стимулирует научную, научно-техническую и инновационную деятельность путем проведения соответствующей налоговой и кредитной политики. Определенные льготы по налогам на добавленную стоимость и прибыль по обязательным платежам в республиканский и местные бюджеты действуют и в Республике Беларусь. В то же время специфика налогообложения в нашей стране такова, что относительные отчисления в бюджет от доходов научных организаций оказываются даже выше средних уровней для промышленных предприятий. Так, налоговая нагрузка (доля налогов и платежей в выручке от реализации продукции) по экономике в целом составляет менее 18%, в промышленности – 20%, а в науке и научном обслуживании – более 26% [21]. Отчасти это обусловлено высокой долей расходов на оплату труда в данной сфере, низким уровнем материальных затрат, а потому более высокими налогами, исчисляемыми по отношению к зарплате. В любом случае такая налоговая политика не способствует развитию научно-технической и инновационной деятельности. Поэтому создание системы стимулов для разработчиков наукоемкой продукции, налоговых льгот и преференций для предприятий, осваивающих такую продукцию, по-прежнему остается в числе наиболее актуальных задач активизации научной и инновационной деятельности.

2.3. Кадровое обеспечение

Исследователи и разработчики. Все работники, выполняющие исследования и разработки, в статистических целях разделя-

ются на исследователей, техников, вспомогательный персонал и прочие.

Исследователи – лица, имеющие обычно высшее образование, непосредственно занятые исследованиями и разработками в смысле определений этих видов деятельности, данных в подразд. 1.1 (включая руководителей организации и подразделений, выполняющих исследования и разработки). К исследователям относят научных работников, а также инженеров-конструкторов и технологов, выполняющих разработки.

Техники – лица обычно со средним специальным образованием, выполняющие технические функции по обеспечению эксплуатации оборудования и приборов, подготовке материалов, проведению экспериментальных работ.

К вспомогательному персоналу относятся работники информационных, планово-финансовых служб, производственных подразделений, к прочим – работники по хозяйственному обслуживанию.

Согласно статистике [21], численность работников, выполняющих исследования и разработки в Республике Беларусь, составила в 2007 г. 19 тыс. человек (в 1990 г. – 59,4 тыс.). Доля исследователей в общей численности лиц, выполняющих исследования и разработки, в Республике Беларусь – более 60%.

Помимо исследователей, состоящих в штатах научных организаций, для выполнения исследований и разработок привлекаются работники, не состоящие в штатах данной организации или ее подразделения, на условиях совместительства или по договорам подряда или в составе ВНК, всего в 2007 г. – около 10 тыс. человек. Более высокая доля таких работников в вузах Министерства образования (60% от общего числа), меньше в Министерстве здравоохранения (10%) и в НАН Беларуси (до 10%).

Численность исследователей и в целом персонала, занимающегося исследованиями и разработками, косвенно характеризует научно-технический потенциал страны, нацеленность ее на инновационные механизмы развития экономики (рис. 2.8).

Научный работник – физическое лицо, обладающее необходимой квалификацией и профессионально занимающееся научной деятельностью в соответствии с трудовым договором. К научным работникам приравниваются лица, получающие в порядке, установленном законодательством, послевузовское образование по очной форме обучения [38].

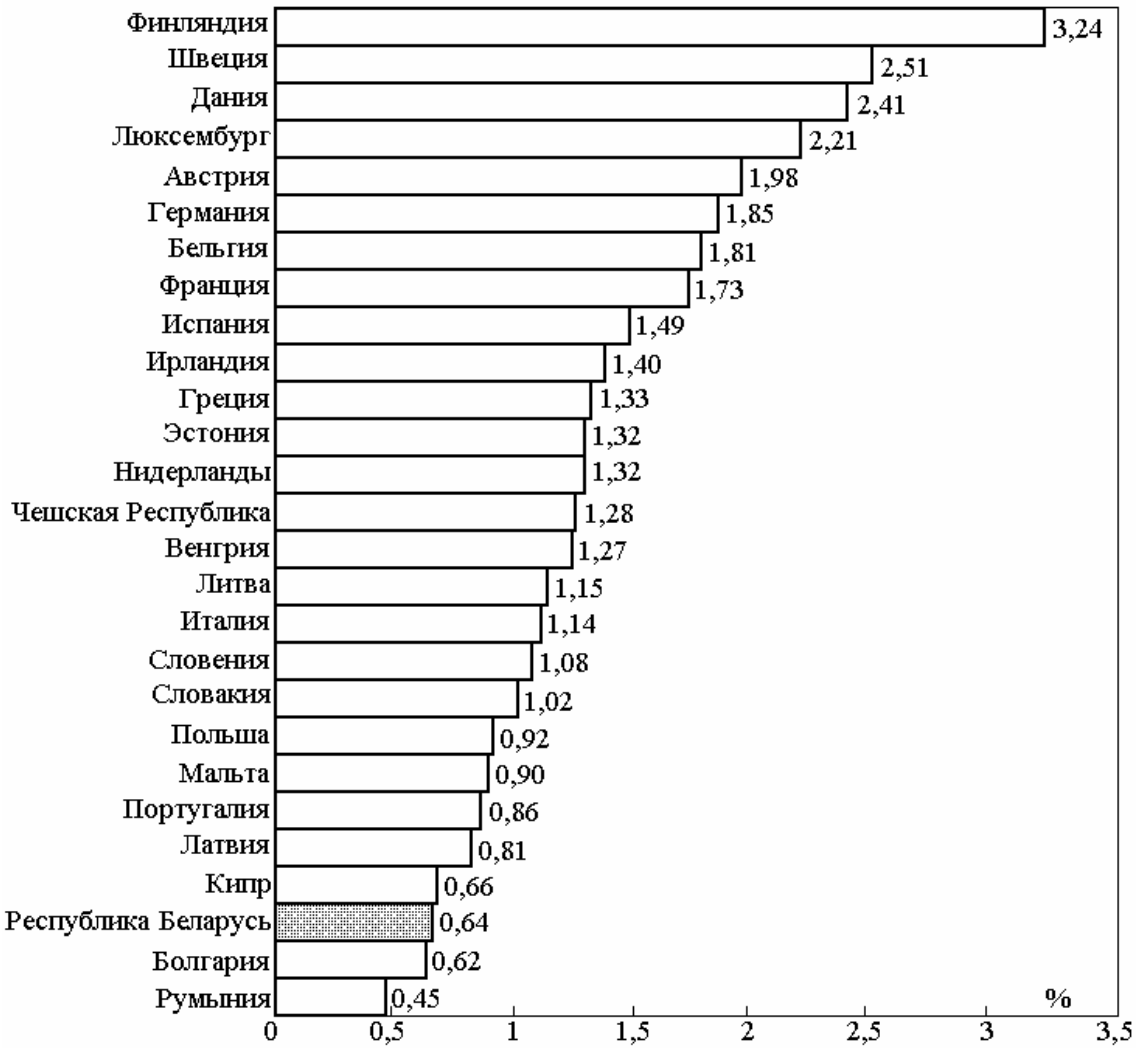


Рис. 2.8. Численность персонала, выполняющего исследования и разработки (в процентах от занятых в экономике) [21]

Научный работник имеет право: осуществлять научный поиск и выбирать методы исследований в пределах направлений исследований научной организации, в которой он работает, и в соответствии со своей квалификацией; участвовать в установленном законодательством порядке в открытых конкурсах НИОК(Т)Р в Республике Беларусь и за ее пределами; по приглашению заинтересованной стороны принимать участие в разработке направлений и приоритетов государственной научно-технической политики, проведении экспертизы программ и проектов, осуществлении оценки и прогнозирования социально-экономических результатов их реализации, подготовке нормативных правовых актов; по согласованию с нанимателем на конкурсной основе получать финансирование за счет средств научных фондов и иных источников, не запрещенных законодательством; принимать

участие в установленном законодательством порядке в разработке и реализации международных и межгосударственных научных программ и проектов; участвовать в подготовке научных работников высшей квалификации в качестве научного руководителя (консультанта) соискателя ученой степени; принимать участие в конкурсах на замещение вакантных должностей научных работников в соответствии с законодательством; работать кроме основного места работы во временных научных коллективах и (или) по совместительству в соответствии с законодательством; информировать общество о результатах своей научной деятельности, если они не являются государственными секретами, коммерческой или иной охраняемой законом тайной, а также давать пояснения и экспертные заключения при привлечении его в установленном законодательством порядке в качестве специалиста или эксперта; привлекать и использовать для научной деятельности любые виды ресурсов, включая материальные, финансовые, трудовые, интеллектуальные, информационные и природные, в порядке и на условиях, установленных законодательством; на личные неимущественные и имущественные права на результаты своей научной деятельности в соответствии с законодательством; по согласованию с нанимателем принимать участие в научных конференциях, симпозиумах, семинарах и совещаниях, в том числе международных; на объективную оценку своей научной деятельности и соответствующую оплату труда согласно законодательству; объединяться в профессиональные союзы и иные общественные объединения; осуществлять иные права в сфере научной деятельности в соответствии с законодательством.

Научный работник обязан: не нарушать права и законные интересы других субъектов научной деятельности; осуществлять научную деятельность, не нарушая права и свободы человека, не причиняя вреда жизни и здоровью других лиц, а также окружающей среде; объективно проводить экспертизу научных программ, проектов, диссертаций и других результатов научной деятельности; выполнять иные обязанности в сфере научной деятельности в соответствии с законодательством.

Специалисты, участвующие в разработках, помимо научных работников, в зависимости от характера выполняемой работы могут быть отнесены к конструкторам, технологам, испытателям.

Основная функция ***конструктора*** – разработка различных видов конструкторской документации на изделия, средства технологического оснащения для его изготовления и на средства испытаний. Работа конструктора может включать также разработку технического зада-

ния, проведение патентно-информационного поиска, разработку различных видов текстовой документации, необходимой для изготовления и испытаний изделий, для их эксплуатации и ремонта, проведение испытаний новых изделий и др. (см. подразд. 3.1).

Технолог разрабатывает документацию, необходимую для изготовления веществ, материалов, изделий, отрабатывает режимы этих процессов, обеспечивает освоение производства новых веществ, материалов и изделий.

Инженеры-испытатели выполняют все виды специальных испытаний новых образцов техники.

В исследованиях и разработках участвуют также экономисты, менеджеры, маркетологи, производственный персонал предприятий и другие специалисты, от квалификации которых зависит эффективность инновационного процесса.

Квалификация. В общем случае понятие «***квалификация***» включает уровень подготовки, степень готовности к решению задач в области профессиональной деятельности – знания, умения, навыки.

Согласно Закону «О научной деятельности» [38], квалификация научного работника определяется наличием высшего образования; прохождением послевузовской подготовки в рамках аспирантуры (адъюнктуры), докторантуры; наличием ученой степени; наличием ученого звания; наличием академического ученого звания члена-корреспондента или действительного члена (академика) НАН Беларуси; объемом и уровнем опубликованных научных работ, выполненных исследований и разработок; оценками научного сообщества и специалистов в соответствующей области знаний. Научным работником высшей квалификации признается научный работник, имеющий ученую степень.

К формальным признакам научной квалификации исследователей относят наличие высшего образования, ученой степени и звания. Эти признаки квалификации используют для дифференцированной оплаты труда научных работников. Однако они не могут служить единственной мерой квалификации, нужны также объективные показатели результативности, особенно если речь идет о разработчиках новой продукции и новых технологий. Проблема оценки результативности научной и инновационной деятельности обсуждается в разд. 3 и 4.

Закон «О высшем образовании Республики Беларусь» предусматривает первую и вторую ступени высшего образования.

Первая ступень обеспечивает подготовку ***специалистов с высшим образованием***, обладающих фундаментальными и специальными

знаниями и навыками. Перечень специальностей, по которым ведется обучение в высших учебных заведениях Республики Беларусь, и квалификации, присваиваемые выпускникам, указаны в классификаторе ОКРБ 011-2001 «Специальности и квалификации».

Инженер-конструктор, как и художник, выполняет творческую работу. Творческая деятельность – деятельность, порождающая новое, отличающееся неповторимостью, оригинальностью, уникальностью. Всякая инженерная деятельность, как и научная, является творческой. «Важнейшая задача цивилизации – научить человека мыслить» (Т. А. Эдисон). Именно от творческого компонента, умения мыслить, принимать нестандартные решения зависит уровень новизны и эффективности разрабатываемых технологий, средств технологического оснащения и изделий. Но если художник только выражает внутренний мир через изображение – внешний образ, то конструктор должен еще и представить на чертежах объект разработки таким образом, чтобы можно было не только оценить его функциональное совершенство, но и воспроизвести данный объект в производственном процессе.

Особенно велик «коэффициент творчества» на ранних стадиях разработки, когда определяются принцип функционирования, общие требования к предмету разработки, выбираются наиболее подходящие технические решения. Если для стадий изготовления опытного образца и освоения производства принять его за единицу, то на предшествующих стадиях он приближенно оценивается следующими значениями [9]:

Исследование, аванпроект, техническое задание 3,0
Эскизный проект.....2,5
Технический проект 2,0
Разработка рабочей документации, подготовка производства 1,5

Конструктор должен знать не только правила выполнения конструкторской документации, свойства материалов и элементов конструкции, технологию изготовления изделий, но и условия производства и функционирования объекта разработки.

Требования к профессиональной квалификации специалистов устанавливаются образовательными стандартами высшего образования первой ступени. В частности, профессиональная квалификация инженера-механика по специальности 1–36 01 08 Конструирование и производство изделий из композиционных материалов должна обеспечивать выполнение им следующих работ (по видам деятельности):

***а*) *научно-исследовательская*:**

• проводить научные исследования и разработки с использованием современных информационных технологий;

• анализировать и объективно оценивать достижения науки в области композиционных материалов, разработки, производства и применения (эксплуатации) изделий, перспективы и направления развития;

• разрабатывать техническое задание на проведение исследований материалов, изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения;

• проводить патентно-информационные исследования по разрабатываемым объектам, оценивать их новизну и технический уровень, патентоспособность и патентную чистоту, составлять отчет о патентно-информационном исследовании;

• разрабатывать методы и технические средства экспериментального исследования материалов, изделий и процессов, метрологического, программного, организационно-методического обеспечения;

• организовывать и проводить экспериментальные исследования материалов, изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения по профилю специальности, анализировать и обрабатывать результаты исследований;

• оформлять отчеты о научном исследовании, научные публикации, доклады, заявки на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности;

***б*) *проектно-конструкторская*:**

• составлять заявки и технические задания на разработку изделий из композиционных материалов;

• разрабатывать на изделия из композиционных материалов, средства испытаний и средства технологического оснащения техническую документацию:

проектную конструкторскую – аванпроект, техническое предложение, эскизный и технический проект;

рабочую конструкторскую, эксплуатационную и ремонтную;

технологическую – для стадий предварительного проекта, опытного образца и серийного производства;

информационную – патентный формуляр, карты технического уровня, каталоги;

нормативную – технические условия, сертификаты, инструкции и другие нормативные документы на изделия;

• владеть современными программными средствами моделирования, расчета и компьютерного проектирования изделий и технологических процессов;

• оценивать предлагаемые технические решения путем изготовления и испытаний моделей и макетов;

• оценивать технический уровень и экономическую эффективность принимаемых технических решений;

***в*) *инновационная*:**

• разрабатывать бизнес-планы и календарные планы освоения производства новых изделий и новых технологий;

• оценивать конкурентоспособность, экономическую эффективность разработки и постановки на производство новых изделий и освоения новых технологий;

• проводить опытно-технологические работы при освоении новых технологий, опытно-промышленную проверку новых изделий и средств технологического оснащения, изготовление и испытания опытных образцов и опытных партий изделий, оформлять документацию о результатах опытно-технологических работ и испытаний опытных образцов (партий) изделий;

• проводить работы по сертификации продукции и производств по профилю специальности;

• составлять договоры на выполнение опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, об оказании научно-технических услуг, о совместной деятельности по освоению новой продукции и технологий;

• готовить проекты лицензионных договоров о передаче прав на использование объектов промышленной собственности и ноу-хау;

***г*) *производственно-технологическая*:**

• самостоятельно принимать профессиональные решения с учетом их социальных, экономических и экологических последствий;

• осуществлять технологическую подготовку и планирование производства изделий из композиционных материалов, в т. ч. с использованием компьютерных технологий;

• оценивать технологичность конструкции изделий по технико-экономическим показателям;

• выбирать безопасные и оптимальные по технико-экономическим, энергетическим, экологическим и иным показателям технологические процессы и средства технологического оснащения, включая средства автоматизации, контроля и управления;

• организовывать рациональное обслуживание и ремонт средств технологического оснащения;

• контролировать состояние средств технологического оснащения, обеспечение безопасных условий труда на рабочем месте, в за-

крепленном помещении или производственном подразделении, соблюдение норм производственной санитарии и противопожарной безопасности, вести соответствующую документацию, обучение персонала;

***д*) *организационно-управленческая*:**

• организовывать собственный труд и работу других исполнителей в соответствии с поставленными задачами, условиями и сроками их выполнения;

• составлять организационно-распорядительную документацию (графики работ, инструкции, планы, заявки, приказы, деловые письма и т. п.) по установленным формам с использованием информационных технологий и компьютерных средств;

• контролировать и поддерживать трудовую и производственную дисциплину;

• оценивать затраты труда, результаты и качество работы исполнителей;

• эффективно взаимодействовать со специалистами других подразделений и с другими предприятиями, оформлять соответствующую документацию;

• анализировать работу по установленному заданию, оформлять отчетную документацию и готовить информацию и доклады для руководства.

Подготовка к этим видам деятельности обеспечивается учебными планами и программами учебных дисциплин, проведением в соответствии с программами различного вида учебных занятий, учебных и производственных практик, выполнением самостоятельных и курсовых работ и проектов. Уровень подготовки оценивается по итогам текущей работы студента, выполнения им контрольных работ, путем проверки знаний и навыков при приеме зачетов и экзаменов. При этом практические навыки, составляющие основу профессиональной квалификации, формируются не на лекциях и даже не на практических занятиях, а почти исключительно в процессе индивидуальной работы студента.

Проблема научить мыслить будущего инженера и, тем более, конструктора становится все более актуальной. Во-первых, в связи с тем, что при очевидной перегрузке школьных программ методы усвоения материала и методы контроля становятся все более формальными, что не способствует ни усвоению этого материала, ни, тем более, развитию логического мышления учащихся. Об этом свидетельствуют результаты тестирования в 2009 г. по основным конкурсным

дисциплинам инженерных специальностей. Из 113 000 абитуриентов, сдававших тесты по математике, 43% набрали 20 и менее баллов, а 27 000 (24%) набрали не более 10 баллов. Из 50 000 протестированных по физике 2/3 набрали не более 20, а 29% – не более 10 баллов, правда, около половины среди сдававших тесты – выпускники предыдущих лет. Но, во-вторых, ввиду массовых масштабов высшего образования (94 тыс. мест в 2009 г. при выпуске из школ 115 тыс. абитуриентов) поступление на большинство инженерных (а потому не престижных) специальностей стало практически внеконкурсным. Они доступны для всех, кто набрал более 10 баллов из 100 возможных, и даже для многих из тех, кто не набрал и 10% от возможных 100 баллов.

Наметившаяся в последние десятилетия тенденция к перегрузке учебных планов подготовки инженеров аудиторными занятиями, как и типизация индивидуальных заданий и формализация методов контроля, совсем не способствует повышению профессиональной квалификации.

Вторая ступень (*магистратура*) обеспечивает формирование знаний и навыков научно-педагогической и научно-исследовательской работы для последующего обучения в аспирантуре (адъюнктуре), для научной, педагогической и инновационной деятельности. Это новая форма высшего образования для Республики Беларусь, законодательно закрепленная после некоторых дискуссий относительно цели и содержания подготовки.

В Республике Беларусь присуждаются *ученые степени* кандидата наук и доктора наук, присваиваются *ученые звания* доцента и профессора, *академические ученые звания* члена-корреспондента и действительного члена (академика) НАН Беларуси. Порядок присуждения ученых степеней и присвоения ученых званий определяется Президентом Республики Беларусь.

Из общего числа исследователей в Республике Беларусь 98% имеют высшее образование, 743 (4%) имеют ученую степень доктора и 3144 (17%) – кандидата наук (здесь не учтены выполняющие исследования и разработки по совместительству и по договорам гражданско-правового характера).

Подготовку специалистов с высшим образованием первой ступени осуществляют 46 государственных (в их числе 31 университет) и 10 частных учебных заведений. Число высших учебных заведений, число студентов и выпуск специалистов в Республике Беларусь стабильно возрастает (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Численность студентов и выпуск специалистов с высшим образованием на 10 000 человек населения [21]

Наиболее интенсивный рост численности студентов наблюдался на специальностях экономического, юридического и педагогического профиля, причем существенно выросли приемы и выпуски по данным специальностям в частных вузах и по платной форме обучения в государственных.

Как известно, высшее образование выполняет две функции: экономическую и социальную. Экономическая функция состоит в обеспечении высококвалифицированными специалистами экономики и социальной сферы в соответствии с текущими потребностями и перспективами развития. Социальная функция заключается в повышении интеллектуального уровня граждан, в удовлетворении их желания получить знания в более интересной области деятельности, работать в более престижной сфере, а не в сфере материального производства. «На каждого желающего что-либо производить у нас приходится 5 желающих считать деньги и 10 желающих их судить» (В. Н. Чачин).

Наблюдающийся интенсивный рост численности студентов в Республике Беларусь не вызван радикальными изменениями структуры экономики и социальной сферы, обусловливающими возросшие потребности в высококвалифицированных кадрах перечисленных выше групп специальностей. Скорее всего, причины имеют социальную природу. Во-первых, это сокращение численности занятых в сфере производства, повлекшее за собой затруднения в трудоустройстве выпускников школы. Во-вторых, это менталитет старшего поколения – родителей нынешних школьников и студентов, относящих обучение в вузах и высшее образование к важным факторам социальной защиты, тем более, что всем выпускникам вузов государство обещает обязательное трудоустройство.

Увеличение приемов в высшие учебные заведения не могло не сказаться на качестве подготовки поступающих и уровне профессиональной подготовки выпускников. «Едва ли 80% выпускников школы в состоянии извлечь для себя что-нибудь такое, что разумным образом можно назвать высшим образованием» – так образно охарактеризовал профессор французского университета ситуацию в высшей школе Франции, где массовые приемы в университеты начались еще в 70-х годах, а уже в 80-х были очевидны их последствия.

В последние годы обозначилась тенденция сокращения численности студентов частных вузов (в связи с расширением приема на платную форму в государственных), некоторого сокращения приемов на бюджетную форму по упомянутым выше группам специальностей, по которым уже сегодня наблюдается явное перепроизводство специалистов. В то же время относительные размеры приема в вузы и выпуска специалистов сохраняются высокими. По числу студентов на 10 000 жителей наша страна находится на уровне наиболее высокоразвитых стран Европы. Но, как известно, количество и качество – это разные философские категории.

С одной стороны, статистика высокоразвитых стран свидетельствует, что возрастание интеллектуального уровня населения, оцениваемого по доле граждан, имеющих высшее образование и ученые степени, имеет положительную корреляцию с уровнем благосостояния граждан, эффективностью экономической деятельности предприятий, регионов и страны в целом. Однако анализ такого рода зависимости в Беларуси еще по статистике советского периода показал прямо противоположный результат. Ввиду более низкого уровня оплаты труда специалистов с высшим образованием и рядовых научных работников по отношению к занятым в производстве, невосприимчивости экономики к научным достижениям и другим объективным причинам уровень благосостояния обладателей дипломов о высшем образовании и научной квалификации, уровень процветания регионов с высокой концентрацией таких лиц оказался ниже.

Повышение индекса интеллектуального развития страны путем увеличения численности студентов и выпускников высших учебных заведений тем более не очевидное благо для экономики, если рост численности студентов происходит за счет специальностей, не связанных напрямую с материальным производством. Увеличение числа мест на этих специальностях неизбежно обусловливает выбор наиболее подготовленной части выпускников школы не в пользу естественнонаучных и технических специальностей, определяющих научно-

техническое и инновационное развитие. Правда, снижение уровня базовой подготовки студентов технических специальностей не единственная причина для беспокойства по поводу качества подготовки будущих творцов научно-технического прогресса. Не менее, а с учетом уровня обучаемых, возможно, и более важное значение имеет квалификация профессорско-преподавательского состава и техническая оснащенность учебного процесса.

Численность профессорско-преподавательских работников вузов несколько возросла за последние годы, но не пропорционально численности студентов (именно этим объясняется возрастание учебной нагрузки на преподавателей в ущерб другим видам работы, в том числе научной). Возросла и доля преподавателей государственных вузов, имеющих ученые степени кандидата и доктора наук, на 8 и 13% соответственно при росте общей численности только на 6%. При этом численность докторов и кандидатов наук, выполнявших исследования и разработки в высших учебных заведениях, сократилась.

В сфере подготовки инженерных кадров также наблюдается стабилизация численности и увеличение учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава. Но весьма тревожны качественные изменения в преподавательском корпусе. Если в 50–60-х годах инженерному искусству студентов учили в основном преподаватели, имевшие собственный опыт разработки и освоения в производстве новых изделий и новых технологий, то в последние годы профилирующие кафедры технических вузов пополняются почти исключительно своими выпускниками, пусть не самыми худшими, но не имеющими достаточных практических навыков в области будущей профессиональной деятельности обучаемых ими студентов. И никакие самые совершенные образовательные стандарты, утвержденные на самом высоком уровне, ни насыщенные программы специальных дисциплин, читаемых «на высоком научно-методическом уровне» доцентом, который сам не разработал ни одного нового продукта и не участвовал в освоении новой технологии, не компенсируют недостатка профессиональной квалификации преподавателя. К проблеме кадрового обеспечения подготовки специалистов инженерного профиля добавляются еще и проблемы технического оснащения учебного процесса перспективным технологическим оборудованием (см. подразд. 2.4).

Подготовка научных работников высшей квалификации проводится учреждениями, обеспечивающими получение высшего образования, научными и другими организациями, имеющими право заниматься послевузовским образованием, в рамках аспирантуры (адъ-

юнктуры) и докторантуры или в форме соискательства для лиц, работающих над диссертациями вне аспирантуры (адъюнктуры) и докторантуры. Координация подготовки научных кадров входит в функции ГКНТ, оценивает качество диссертаций ВАК.

Соискателем ученой степени кандидата наук может быть лицо, имеющее высшее образование, успешно сдавшее кандидатские экзамены и зачеты и подготовившее кандидатскую диссертацию в соответствии с установленными требованиями. Тема исследования утверждается ученым советом организации, в которой выполняется диссертация. На основании решения ученого совета назначается научный руководитель, имеющий ученую степень доктора или кандидата наук.

Диссертация – самостоятельно выполненная соискателем квалификационная научная работа, посвященная решению научной задачи или изучению выбранной научной проблемы, имеющая внутреннее единство и свидетельствующая о личном вкладе автора в науку.

Кандидатская диссертация должна содержать новые научные теоретические и (или) экспериментальные результаты по одному из актуальных направлений научных исследований.

Докторская диссертация должна быть посвящена разработке нового научного направления или концептуальному развитию одного из существующих актуальных научных направлений и содержать принципиально новые результаты, совокупность которых является крупным достижением в соответствующей отрасли науки.

Полученные автором диссертации новые научные результаты должны быть опубликованы, доказаны на основе научной методологии, принятой в данной отрасли науки, и объективно оценены в сопоставлении с известными. Структура и оформление диссертаций должны отвечать требованиям, устанавливаемым ВАК.

Ученые степени кандидата и доктора наук присуждаются по отрасли науки в соответствии с номенклатурой специальностей научных работников Республики Беларусь. Соответствие темы диссертации определенной специальности является одним из важнейших условий ее защиты. Это означает, что тема диссертации, особенно если исследования выполняются «на стыке наук», по новым научным направлениям должна адаптироваться (подстраиваться) «под совет». Столь жесткого бюрократического требования нет в большинстве стран. Возможно, более логично было бы принимать к защите диссертацию, лишь при условии ее соответствия не узкой научной специальности, а профилю совета, а специальность определять в процессе или после защиты исключительно для целей статистики.

Диссертация проходит предварительную экспертизу в организации по месту выполнения диссертационного исследования; публичную защиту в совете по защите диссертаций; заключительную экспертизу в экспертном совете ВАК. Ученая степень кандидата наук присуждается советом по защите диссертаций на основании публичной защиты диссертации. Ученую степень доктора наук присуждает ВАК по представлению совета по защите диссертаций. Советы по защите диссертаций создаются по решению ВАК при научных организациях и учреждениях образования, имеющих значительные научные достижения в соответствующей отрасли науки.

Окончательное решение по каждой диссертации фактически принимает президиум ВАК, в составе которого редко оказывается специалист по профилю конкретного диссертационного исследования, но его мнение, как и мнение других членов президиума ВАК, более весомо, чем мнения десятка специалистов, рассматривавших диссертацию на предыдущих этапах экспертизы.

Громоздкая и несколько забюрократизированная система аттестации научных кадров типична для экономической системы, в которой оплата высококвалифицированного труда не всегда зависит от его результативности, а наличие ученой степени дает право на порой пожизненные доплаты к должностному окладу из госбюджета, даже если обладатель степени в исследованиях и разработках практически не участвует. Если бы на предприятиях нашей страны была востребована высокая научная квалификация исследователей и разработчиков с оплатой труда по конечному результату, то ВАК мог бы сосредоточиться на не менее актуальных задачах – обеспечении единства требований, предъявляемых советами по защите диссертаций по различным отраслям науки, сравнительном анализе структуры подготовки научных кадров, оценке деятельности советов.

В Германии, например, решение о присуждении ученой степени доктора наук в закрытом заседании принимают всего три профессора – специалисты по профилю диссертационного исследования. Обладатель ученой степени доктора в области естественных или технических наук занимается затем исследованиями и разработками новой продукции и новых технологий на фирмах. Уровень квалификации доктора наук там отслеживается, поскольку оплата труда зависит не от наличия диплома, а от эффективности деятельности и, следовательно, от научной квалификации работника. Результаты оценки квалификации могут стать достоянием гласности, поэтому высокая ответственность экзаменаторов перед фирмами, где их хорошо знают,

удерживает от необоснованных решений сильнее, чем предписания строгих положений. Диплом доктора наук в университетах ФРГ подписывает и выдает декан факультета, а у нас торжественно вручает Президент Республики Беларусь.

В нашей стране ежегодно выдается в среднем около 50 дипломов доктора наук и 600 – кандидата наук. Средний возраст соискателей докторской степени 52 года, кандидатской – 33–34 года. В то же время наблюдается все более очевидное несоответствие профиля подготовки научных кадров высшей квалификации сложившейся и перспективной структуре экономики, приоритетным направлениям инновационной деятельности (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Распределение ученых степеней, присужденных ВАК, по отраслям наук [21]

Отрасли науки	Кандидаты наук				Доктора наук			
	Год							
	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006	2007
Всего	738	661	578	531	116	116	44	53
Физико-математические	57	62	58	50	18	15	8	12
Химические	18	27	16	24	1	3	1	1
Биологические	44	54	38	50	7	7	2	1
Технические	126	96	124	81	28	36	13	12
Сельскохозяйственные	67	32	46	32	7	5	4	3
Исторические	35	37	27	23	2	4	2	2
Экономические	41	56	39	32	8	8	2	3
Философские	11	9	6	6	2	1	–	–
Филологические	64	43	33	46	9	4	1	–
Юридические	57	39	23	36	2	1	–	2
Педагогические	33	29	16	15	4	1	1	–
Медицинские	108	110	100	85	20	25	6	9
Искусствоведение	11	11	17	11	2	4	–	–
Психологические	16	7	8	5	–	–	–	–
Социологические	12	13	4	6	2	–	1	2

Так, по медицинским и по биологическим (из которых также немало связанных с медициной) наукам ежегодно защищается диссертаций больше, чем по всем техническим и химическим специальностям, обеспечивающим кадровый потенциал научно-технической деятельности в отраслях, создающих основную долю ВВП страны, вместе взятым, тогда как число специалистов с высшим образованием, работающих по всем техническому профилю, в 5 раз больше, чем по медицинскому, а число занятых исследованиями и разработками в про-

мышленности (тот самый «заводской сектор науки», который преимущественно и создает продуктовые и технологические инновации) – в 10 раз больше, чем в здравоохранении. Конечно, здоровье – один из важнейших приоритетов для каждого, но и благосостояние, которое формируется преимущественно за счет материального производства, – тоже не последнее дело…

Далее, кандидатов наук готовится больше по историческим наукам, чем по химическим специальностям, и это при том, что химическая отрасль относится к одной из наиболее развитых и перспективных в нашей стране. В целом по комплексу гуманитарных, экономических и юридических наук защит больше, чем по всем направлениям исследований и разработок, способным как-то повлиять на инновации в реальной экономике.

Сокращение числа соискателей ученой степени по техническим и другим наукам, ориентированным на сферу материального производства, отчасти обусловлено стремлением государства, ВАК и вслед за ними и советами по защите диссертаций повысить эффективность диссертационных исследований путем подтверждения их практической полезности обязательным внедрением результатов в производство. С одной стороны, требование вполне обоснованное, если учесть нацеленность диссертационного исследования на инновации в области техники и технологий. Но с другой стороны, чем глубже проведены исследования и чем «более инновационным» оказался их результат, тем больше времени и средств необходимо на его промышленное освоение, да и риск неизмеримо больше, чем в случае тривиального (от лат. *trivilis* – обыкновенный, лишенный оригинальности) решения. Отсюда следует неожиданный вывод: повышая требования к диссертациям, ВАК снижает инновационный уровень диссертационных работ и число желающих проводить исследования в «слишком новых» областях техники и технологий.

Отмеченные недостатки существующей системы подготовки научных кадров заставляют усомниться в полном соответствии ее объявленной государством стратегии научно-технического и инновационного развития…

Ученые звания *доцента* и *профессора* присваиваются преподавателям высших учебных заведений, а также некоторым другим категориям работников, связанным с подготовкой кадров, в том числе научных. Для получения ученых званий, как правило, обязательно наличие ученой степени кандидата (для доцента) и доктора (для профессора). Жесткое выполнение этого требования, введенное относительно недавно, отодвигает на второй план методическую работу вузовского препо-

давателя, качество его основной работы. Безусловно, преподавание в высшей школе предполагает наличие достаточной научной квалификации, однако специфика научной и педагогической деятельности все же дает значительно больше оснований и для исключений, чем предусмотрено действующим положением. Предыдущие варианты положения, в том числе советского периода, были в этом смысле более гибкими.

Академические ученые звания присваиваются известным ученым по результатам выборов, проводимых НАН Беларуси. Предполагается, что успехи соискателей этих званий на научном поприще имеют превалирующее значение. Однако обладателям академических званий, как и ученых степеней, в том числе пенсионерам, полагаются относительно высокие доплаты, поэтому история академических выборов демонстрирует немало примеров, когда преобладали и иные подходы. Впрочем, в пользу соискателей академических знаний нужно отметить, что давно в прошлом советские времена, когда уровень оплаты труда высококвалифицированных специалистов научно-технической сферы и, тем более, ученых с мировым именем выгодно отличался от среднего по стране, и маститый ученый-академик по этому показателю не дотягивает сегодня до уровня рядового служащего банка или работника целого ряда других, более «престижных», хотя и менее «наукоемких» сфер деятельности…

Квалификация работника, занимающегося инновациями в области техники и технологий, включает несколько компонентов знаний и навыков, или, как модно стало говорить, компетенций (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Компетенции специалиста по техническим инновациям [26]

Компетенции	Область, содержание знаний и навыков
Профессиональные (инженерные)	Техника и технологии по профилю исследований и разработок
Экономические	Финансы, налогообложение, бухгалтерский учет и статистика
Правовые	Хозяйственное, трудовое, гражданское (включая обязательства и правовую охрану объектов интеллектуальной собственности) и международное законодательство
Управленческие	Основы маркетинга и управления экономикой, финансами и персоналом хозяйствующего субъекта
Информационные	Информационное обеспечение предметной сферы деятельности, программное обеспечение вычислительной техники, используемой для решения профессиональных, экономических и управленческих задач
Практические	Навыки и опыт в различных, в том числе смежных, областях науки, техники и технологий, производства, сбыта и потребления продукции

Приобретение основ знаний, а в отдельных случаях умений и навыков по перечисленным компонентам квалификации предусмотрено учебными планами и программами первой степени высшего образования по инженерно-техническим специальностям. В то же время специфика инновационной деятельности обусловливает необходимость овладения многими компонентами квалификации в процессе практической деятельности.

Перечисленные выше компоненты квалификации относятся к весьма разным направлениям человеческой деятельности, а потому квалификация конкретного работника не может быть одинаково высокой во всех компонентах.

В организациях научно-технического профиля иногда выделяют следующие категории работников:

- генераторы научных и технических идей;
- организаторы работ (менеджеры);
- исполнители – конструкторы, технологи, испытатели;
- специалисты по реализации (коммерсанты-«инноваторы»).

Одним из признаков квалификации научных работников и других специалистов, участвующих в научной и инновационной деятельности, служит ***мобильность*** – способность к изменению профиля и характера выполняемой работы, места работы и места жительства. Мобильность кадров в этой сфере, направление и содержание в которой по роду деятельности постоянно изменяется, является необходимым условием постоянной занятости работника, его материальной обеспеченности, морального удовлетворения работой и ее результатами, важнейшим фактором длительного и эффективного функционирования организации, гибкости всего инновационного механизма как на уровне организации, так и на уровне государства в целом. С другой стороны, мобильность кадров включает также их «текучесть» и миграцию. Для того чтобы мобильность кадров внутри организации не вырождалась в два последних ее проявления, необходима гибкая кадровая и инновационная политика руководства, гибкая система планирования работ, оценки квалификации и результатов труда работников.

Низкий уровень оплаты труда, невостребованность профессиональной квалификации и неудовлетворенность работой обусловливают миграцию трудовых ресурсов, в том числе и научных работников. «Утечка мозгов» – типичное явление и один из признаков глобализации мировой науки и экономики (см. подразд. 1.1).

В начале 90-х годов, сразу после распада Союза ССР, наблюдался интенсивный отток научных работников и специалистов в иные сфе-

ры деятельности. Были опасения и за массовую «утечку мозгов» из Республики Беларусь за границу. Действительно, миграция имела и имеет место, но не массовая. Число выезжающих за границу белорусских исследователей и разработчиков составляет не более 0,1% от их общей численности, что значительно ниже среднеевропейского уровня миграции научных работников и специалистов и даже меньше, чем представителей рабочих профессий. И это при условии низкой востребованности в нашей стране ученых и специалистов по многим направлениям науки и техники, в том числе по весьма перспективным, и неизмеримо более низком, чем в западных странах, уровне оплаты высококвалифицированного труда.

Миграция ученых и специалистов из Республики Беларусь на Запад не приняла массового характера, очевидно, не только по причине традиционного патриотизма наших людей, но и вследствие «языкового барьера» и профессиональной несогласованности или несостоятельности. Более половины эмиграции приходится на Россию, а в высокоразвитые страны выехали лишь немногие, но часть из них уже возвратилась. Думается, по тем же причинам не состоялся и массовый отток преподавателей из высшей школы, ожидавшийся в тот период, когда заработная плата преподавателя снизилась до оскорбительно низкого уровня. Статистика выезда научных работников за рубеж [25] свидетельствует, что и здесь превалируют контакты с российскими коллегами (60%), краткосрочные командировки (98,6% из них – на срок до 3 месяцев), причем более половины выезжавших – в возрасте 50 лет и старше и лишь менее 1/3 – с целью выполнения совместных проектов.

А потому есть дополнительный повод для серьезных размышлений относительно языковой и профессиональной подготовки специалистов, работающих в сфере науки и инноваций. Оба этих компонента квалификации научного работника имеют важное значение для установления международных связей, контактов с учеными развитых стран и в целом для успешной профессиональной деятельности.

Квалификация работников и оплата труда. От квалификации работника во многом зависит занимаемая им должность. Должности научных работников, других лиц, участвующих в научной и инновационной деятельности, устанавливаются в соответствии с Единым тарифным (квалификационным) справочником [64], а условия оплаты труда – в соответствии со штатным расписанием, коллективным договором и другими документами организации, утверждаемыми на основе действующего законодательства и нормативно-правовых актов.

Для научных работников установлены должности: младший научный сотрудник, научный сотрудник, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник и главный научный сотрудник, для инженеров-конструкторов – категории III, II и I.

В соответствии с законодательством [38] прием на должности научных работников осуществляется на основании срочного трудового договора после прохождения конкурса на замещение должности научного работника или по контракту без прохождения конкурса.

Квалификационные требования, содержание работы каждого сотрудника и условия ее выполнения определяются индивидуальной квалификационной характеристикой (должностной инструкцией), утверждаемой руководителем организации. В должностные инструкции включают также служебные обязанности, права, меры поощрения и ответственности работника.

Помимо основной работы в соответствии с занимаемой должностью, научные работники в установленных законодательством случаях могут выполнять работы по совместительству и (или) по индивидуальным договорам на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, в том числе в составе ВНК. Оплата труда в этих случаях осуществляется согласно договору.

Оплата труда научного работника в государственных организациях осуществляется в соответствии с законодательством с учетом результатов его научной деятельности и научной квалификации [38]. Закон не ставит уровень оплаты труда в прямое соответствие с его результатами, а предписывает только учитывать результаты. Это обусловлено, с одной стороны, традициями обеспечения социального равенства, а с другой – спецификой творческого труда и потому сложностью количественной и, тем более, выраженной в денежном эквиваленте оценки его результатов. А потому, как правило, оказывается, что чем выше квалификация исполнителя, тем дешевле обходится нанимателю его труд.

Оценка объема и результатов труда исследователей и разработчиков необходима для правильной организации научной и инновационной деятельности, для планирования работ, нормирования и оценки эффективности труда сотрудников. Более детально эти вопросы рассматриваются в разд. 3 и 4. Ограничимся здесь лишь замечаниями, относящимися к вопросам организации, оценки и оплаты труда работников данной сферы, связанными с их квалификацией.

Планирование кадрового состава специалистов, необходимых для решения поставленной научной задачи, разработки и освоения новой

продукции и новой технологии, является необходимым и важным этапом планирования исследований и инноваций в целом как на уровне организации, так и на отраслевом или государственном уровне (см. подразд. 3.2).

Нормирование труда исполнителей, как и планирование научной и инновационной деятельности, относится к важнейшим атрибутам плановой системы управления. Задачей нормирования является установление затрат времени работника данной квалификации (а по существу – занимающего данную должность) на выполнение данной работы, на достижение требуемого результата. В силу специфики творческого труда он не поддается такой же формализованной количественной оценке, как, скажем, труд рабочего, выполняющего вполне определенный набор действий, хотя и там квалификация, опыт, физические кондиции и иные индивидуальные особенности обусловливают существенную дифференциацию затрат энергии, производительности и качества выполняемой работы.

По аналогии с трудом рабочих иногда для нормирования труда инженерно-технических работников используют опытно-статистический и расчетно-аналитический методы, основанные на дифференцированных нормативах затрат труда на выполнение отдельных видов работы. При отсутствии или неэффективности таковых применяют экспертный метод и укрупненные нормативы [13].

Любые количественные показатели при оценке труда исследователей и разработчиков, включая затраты времени, характеристики результатов и средств на их достижение, являются приближенными (см. разд. 3 и 4). Чем выше степень новизны предстоящих исследований и разработок, чем больше объем работ, более многочисленный и многопрофильный состав исполнителей, тем ниже точность нормирования. «80% всей работы выполняют 20% сотрудников, но и они 80% работы выполняют всего за 20% рабочего времени («закон Парето»).

Максимум производительности (активности) ученых приходится на возраст 30–40 лет. Последующий спад активности объясняется не столько старением, сколько изменением сферы деятельности – переходом на преподавательскую или административную работу. Распределение активности ученых подчиняется логарифмически нормальному закону (У. Шокли).

Научная продуктивность является результатом действия независимых факторов: способностью увидеть проблему, умением решить ее, умением объяснить результаты, способностью изложить их письменно. Логарифм производительности как произведения этих факто-

ров имеет распределение, близкое к нормальному. Предполагая, что продуктивность возрастает пропорционально достигнутому значению, получим модель Кэптейна, также ведущую к логарифмически нормальному распределению (см. подразд. 3.1).

Науковеды считают, что зависимость показателя качества научного исследования Q от количества N (например, от числа публикаций) подчиняется закону Руссо: $Q = k\sqrt{N}$. Эта закономерность найдена эмпирически, но может быть обоснована с позиций математической статистики и на основе подходов, применяемых, в частности, в теории измерений (см. подразд. 3.5).

Для оценки квалификации работников, их конкретного вклада в результаты деятельности организация проводит периодическую ***аттестацию***, в процессе которой учитываются также отношение к работе, коммуникабельность, другие личные качества работника, его дисциплинированность.

Научные организации и предприятия имеют право самостоятельно устанавливать правила аттестации работников, критерии оценки результатов их труда, условия дифференцированной оплаты и стимулирования успешной работы своих сотрудников в рамках действующего законодательства.

Принцип дифференцированной оплаты предусматривает наличие нескольких компонентов денежного вознаграждения, отражающих оплату за квалификацию работника, производительность и результаты его труда. С учетом этого принципа оплата труда научного работника включает:

- фиксированную часть (должностной оклад по тарифной сетке);
- предусмотренные законодательством надбавки за стаж, ученую степень и звание;
- надбавки по результатам работы в предыдущий период (в соответствии с принятой в организации системой стимулирования);
- выплаты и премии за конкретные достижения, включая вознаграждения за создание и коммерциализацию объектов интеллектуальной собственности;
- гранты научных и других специальных фондов;
- заработную плату по совмещаемой должности;
- вознаграждения по договорам гражданско-правового характера, за работу в составе ВНК и др.

Оценка трудового вклада и установленный по ее результатам размер оплаты каждого сотрудника могут быть гласными (в соответствии с принципом социальной справедливости) или конфиденциальными

(оценка – в «досье», а оплата – «в конверте»). Гласная система, практиковавшаяся в советские времена, позволяла не самым компетентным и прилежным работникам корректировать «голосом» результаты оценки их скромного труда и размеры премий. Западные фирмы предпочитают второй вариант и добиваются при этом более высокой материальной заинтересованности сотрудников в результативном труде.

Оценка квалификации работника, занятого творческим трудом, – довольно сложная задача. К тому же квалификация как показатель способности решать задачи в сфере профессиональной деятельности творческого работника, его фактическая производительность и эффективность, оцениваемая по конечному результату, оказываются разными сторонами этой оценки.

Многие всемирно известные богачи – А. Нобель и его братья, Г. Форд, Б. Гейтс и другие «сколотили» свое состояние за счет инновационной деятельности. Есть и более близкий пример.

«В далеком 1900 году парфюмер из Горок был удостоен золотой медали на Всемирной выставке в Париже за изобретенный им крем против веснушек… После победы на выставке Казимир Падзерский построил в Горках большой каменный дом, украсил его фламандскими картинами, редким фарфором, музейными коврами. Позади дома разбил огромный сад с редкими сортами фруктовых деревьев, цветниками, фонтанами, золочеными клетками, в которых разгуливали павлины…» («Беларусь сегодня», 11.07.2009 г.).

Но из нынешней истории Беларуси нет примеров, иллюстрирующих столь же высокую экономическую оценку интеллектуального труда, за исключением разве что имеющих криминальные оттенки…

2.4. Информационное обеспечение

Виды информация. Информация (от лат. *informare* – изобразить, составить понятие о чем-либо) – сведения о чем-либо или сообщение сведений. Информация служит, с одной стороны, источником последующих исследований и разработок, а с другой – их результатом (и источником последующих исследований и разработок). При этом результаты научных исследований и разработок как научно-техническая продукция должны быть представлены в виде, доступном для воспроизведения и использования, т. е. на материальном носителе.

Виды информации различают:

- по способу передачи: устная, письменная, электронная;

• содержанию – научная, техническая, правовая, коммерческая, статистическая, патентная и др.;

• отношению к источнику – внутренняя и внешняя;

• масштабу распространения, по доступности, достоверности и другим признакам.

Устная информация может быть сообщена на научных мероприятиях – конференциях, семинарах и т. п., в личных беседах. Если она не фиксируется на материальном носителе, то не может быть основанием для признания юридических прав на сообщаемые результаты. Ссылки на устные сообщения в научных публикациях обычно не рекомендуются, хотя в зарубежных журналах их можно встретить, но это больше вопрос научной этики, чем права.

Научная информация на бумажных носителях до недавнего времени была преобладающей. К ней относятся научные отчеты, диссертации, монографии, учебники и учебные пособия, научно-методические издания, энциклопедии, справочники, научные и научно-технические журналы, сборники научных трудов, материалы и тезисы докладов научных конференций и иных собраний научного сообщества, промышленные каталоги и рекламные листки, экспресс-информация, нормативно-правовые документы, описания патентов, реферативные издания и др.

Не могут считаться источниками научной и технической информации публикации в средствах массовой информации – у них другие цели. При освещении в СМИ сведений о каких-либо научно-технических новинках не редки случаи искажения фактов, путаницы в числах и единицах измерения.

Терминология и систематизация. Информацию хранят и передают, используя систему терминов. Понятие *термин* (от лат. *terminus* – граница, предел) означает слово или сочетание слов, употребляемое с оттенком специального значения, а *терминология* – определения и система терминов.

Основные термины, используемые в научных отчетах, статьях и других источниках информации, называемые *ключевыми словами*, облегчают поиск научно-технической информации, поскольку позволяют определить область исследований без ознакомления с текстом.

Терминология имеет важное значение для точности воспроизведения информации, однако часто в разных источниках информации используют разные термины.

В словарях, справочниках, энциклопедиях, в учебной литературе используют преимущественно общепринятые и наиболее употребля-

емые термины. Терминология, применяемая в нормативных правовых актах (в законах, постановлениях) и в классификаторах, может отличаться от общепринятой, поэтому обычно приводят определения основных понятий, используемые для целей данного документа, что обеспечивает четкую идентификацию (отождествление, приравнивание) соответствующих объектов. Терминология, используемая в монографиях (научных трудах, посвященных одному вопросу или одной теме) и научных статьях в зависимости от позиции автора может отличаться как от общепринятой, так и от нормативной. При этом в научно-технической литературе иногда используют образные понятия для более глубокого проникновения в содержание, развития творческого воображения.

Одни и те же термины могут относиться к разным объектам. В частности, термин «*информация*» используют и для количественной характеристики сообщений (см. подразд. 4.3).

Способы представления, анализа и оценки научной информации является предметом исследования научной дисциплины, названной *наукометрией* [11].

Для удобства представления и поиска информацию систематизируют. Систематизация сведений – одна их задач науки, а один из методов систематизации – *классификация* изучаемых объектов, т. е. разделение множества объектов на подмножества по их сходству или различию в соответствии с принятыми методами (ГОСТ 6.01.1–87).

Одним из примеров классификации служит периодическая таблица химических элементов Менделеева. Большую роль классификации в научных исследованиях подчеркивает тот факт, что материаловеды всего мира назвали изобретение этой таблицы самым выдающимся достижением в этой отрасли науки за весь период существования человечества.

Систематизация научных результатов имеет целью не только компактное представление информации, но и целенаправленное последующее исследование классифицируемого объекта, его применение в той или иной сфере деятельности, поэтому классификация получила широкое распространение во всех сферах практической деятельности.

Классификатор – систематизированный свод наименований подмножеств объектов (классификационных группировок) и присвоенных им обозначений (кодов).

Одним из приемов, применяемых при систематизации объектов и научной информации, при построении классификаторов, является *ие-*

рархия (от гр. *hieros* – священный + *arche* – власть) – упорядоченное расположение объектов, их структурных элементов.

В научно-технический и инновационной деятельности достаточно широко используют классификаторы отраслей экономики, промышленной и сельскохозяйственной продукции, стандартов, отраслей науки, научных учреждений, профессий и специальностей, приобретаемых в учебных заведениях, научных специальностей, источников научной и технической и патентной информации, изделий, технологических операций и переходов и т. п., а также классификаторы веществ, материалов, изделий, процессов по характерным признакам.

Общегосударственный классификатор [65] задает коды различных видов экономической деятельности. Во внешнеэкономической деятельности используют международные классификаторы товаров и услуг.

Классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции [66] гармонизирован с системой кодирования в странах ЕС. Он вводит числовые коды для обозначения видов продукции по отраслевой принадлежности, по типам изделий и видам материалов (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Некоторые виды продукции согласно ОКРБ 007-2007

Секции и разделы	Наименование
СЕКЦИЯ A	ПРОДУКЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА, ОХОТЫ И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
01	Продукция сельского хозяйства, охоты и услуги в этих областях
02	Продукция лесного хозяйства, лесозаготовок и услуги
СЕКЦИЯ C	ПРОДУКЦИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ПОДСЕКЦИЯ CB	РУДЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И ПРОЧАЯ ПРОДУКЦИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
14	Продукция горнодобывающей промышленности прочая
СЕКЦИЯ D	ПРОДУКЦИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ПОДСЕКЦИЯ DA	ПРОДУКТЫ ПИЩЕВЫЕ, НАПИТКИ И ТАБАЧНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
ПОДСЕКЦИЯ DB	ТЕКСТИЛЬ И ТЕКСТИЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ
ПОДСЕКЦИЯ DD	ДРЕВЕСИНА И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ
20	Древесина и изделия из древесины и пробки, кроме мебели
ПОДСЕКЦИЯ DE	ЦЕЛЛЮЛОЗА, БУМАГА И ИЗДЕЛИЯ ИЗ БУМАГИ
21	Целлюлоза, бумага и изделия из бумаги
22	Продукция печатная и носители информации

Окончание табл. 2.7

Секции и разделы	Наименование
ПОДСЕКЦИЯ DG	ВЕЩЕСТВА ХИМИЧЕСКИЕ, ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА
24	Вещества химические, химические продукты и химические волокна
ПОДСЕКЦИЯ DH	ИЗДЕЛИЯ РЕЗИНОВЫЕ И ПЛАСТМАССОВЫЕ
25	Изделия резиновые и пластмассовые
ПОДСЕКЦИЯ DI	ИЗДЕЛИЯ МИНЕРАЛЬНЫЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПРОЧИЕ
26	Изделия минеральные неметаллические прочие
ПОДСЕКЦИЯ DJ	МЕТАЛЛЫ ОСНОВНЫЕ И ГОТОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ
27	Металлы основные
28	Изделия металлические готовые, кроме машин и оборудования
ПОДСЕКЦИЯ DK	МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, НЕ ВКЛЮЧЕННЫЕ В ДРУГИЕ ГРУППИРОВКИ
ПОДСЕКЦИЯ DL	ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ И ОПТИЧЕСКОЕ
30	Оборудование офисное и вычислительная техника (компьютеры)
31	Оборудование и аппаратура электрические, не включенные в другие группировки
32	Приборы и инструменты медицинские; приборы точные и оптические, часы
ПОДСЕКЦИЯ DM	ОБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЕ
34	Автомобили, прицепы и полуприцепы
35	Оборудование транспортное прочее
ПОДСЕКЦИЯ DN	ПРОДУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОЧАЯ
36	Мебель; продукция промышленная, не включенная в другие группировки

Полный код конкретной продукции состоит из девяти цифровых знаков, его структура показана на рис. 2.10.

Бывший Общесоюзный (в СССР), а ныне Общероссийский классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП) содержит шестизначные обозначения высших классификационных группировок, включающих двузначное число, обозначающее класс продукта по отраслевой принадлежности и следующее за ним четырехзначное обозначение группы, например,

22 – полимерные материалы;

22 1111 – полиэтилен высокого давления;

22 1112 – полиэтилен низкого давления и т. д.;

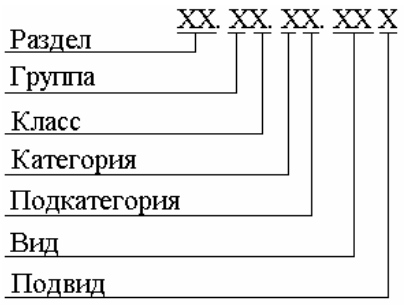


Рис. 2.10. Структура кода продукции согласно [66]

45 – изделия автомобильной промышленности;

45 1113 – автомобиль грузовой общего назначения грузоподъемностью от 1,5 до 3 т.

Еще одно четырехзначное число используют для идентификации конкретного вида продукции, например, 45 1113 2111 – автомобиль ГАЗ 53А.

ОКП применяют для целей учета и статистики, в обозначениях отчетов, стандартов, технических условий, документов, разрабатываемых на продукцию и т. п. Код ОКП иногда используют и непосредственно в обозначениях некоторых видов продукции, например автомобиль МАЗ-6422 (опущено число 45 – обозначение класса продукции).

Универсальная десятичная классификация (УДК) содержит систематизированные числовые коды печатных изданий по всем отраслям знаний.

УДК впервые была издана более 100 лет назад, периодически дополнялась и применяется до сих пор во многих странах мира для систематизации произведений печати, различных видов документов и организации картотек. В ней используется собственная система классификации знаний и объектов, не обязательная в других системах.

Следующие примеры иллюстрируют иерархическую систему УДК:

6 Прикладные науки;

62 Инженерное дело. Техника в целом;

620 Испытания материалов. Товароведение;

678 Промышленность высокомолекулярных веществ. Резиновая промышленность. Промышленность пластмасс;

678.01 Свойства. Дефекты. Эксплуатационные свойства. Отбор проб. Анализ. Испытания;

678.02 Производственные процессы;

678.027 Процессы формования;

678.027.7 Формование прессованием и литьем;

678.06 Готовые изделия из высокомолекулярных материалов;

678.07 Высокомолекулярные материалы в соответствии со специальными характеристиками…

УДК отчасти потеряла свое значение в связи с предоставляемой современными компьютерами возможностью поиска информации по ключевым словам и другим признакам. Кроме того, отнесение произведений печати к классу УДК обычно производит сам автор, потому присваиваемый код часто зависит от квалификации автора и трактовки им того или иного термина.

Международная патентная классификация применяется во всех странах мира, но в некоторых странах (США, Великобритания,

Япония) ее используют в дополнение к национальной классификации объектов.

МПК содержит 8 разделов, обозначенных латинскими буквами:

A – удовлетворение жизненных потребностей человека;
B – различные технологические процессы;
C – химия и металлургия;
D – текстиль и бумага;
E – строительство;
F – прикладная механика, освещение и отопление;
G – техническая физика;
H – электричество.

Каждый раздел может содержать до 99 классов, разделяющихся на подклассы, обозначаемые прописными согласными буквами латинского алфавита. Подклассы делятся на группы, обозначаемые, как правило, нечетными числами, что позволяет расширить количество рубрик. Группы делятся на подгруппы, обозначаемые четными числами. Полный код объекта, например B29C 70/02, включает обозначение раздела (B), номер класса (29C), группы (70) и подгруппы (02).

В МПК приводятся определения терминов, используемых для обозначения классов ОИС. По мере развития новых областей техники и технологии периодически обновляется путем введения новых классов. Обновленную редакцию обозначают, например МПК^{8} (8-я редакция). С 2008 г. в обозначении класса указывают год обновления редакции, например МПК (2006) B29C 70/02.

Классификаторы ЕСКД разделяют изделия по конструктивно-технологическим признакам. В качестве дополнительных признаков используются особенности конструкции, соотношение размеров, назначение и др.

Технологический классификатор ЕСКД вводит кодирование изделий по конструкции и характерным размерам, группе материала, по методу формообразования, по точности (наименьшему квалитету) размеров и сложности формы, по необходимости дополнительной обработки после формообразования, по наибольшей толщине и массе изделия.

Применение классификаторов ЕСКД облегчает поиск информации, представленной на магнитных носителях, и упрощает автоматизированное проектирование изделий, оснастки и технологических процессов изготовления. В то же время указанные нормативные документы не в полной мере отражают многообразие конструктивных вариантов исполнения изделий из КМ, их особенностей, связанных с применяемыми материалами и структурой материала в изделиях.

Любой классификатор не является исчерпывающим и идеальным, поскольку «во всякой формализованной системе всегда остается неформализованный остаток» (К. Гедель).

Система научно-технической информации. Одним из направлений государственной научно-технической политики является поддержка и развитие системы научно-технической информации. В этих целях государственными органами Республики Беларусь:

- обеспечивается развитие центральных и территориальных сетей сбора и обработки всех видов научно-технической информации (рис. 2.11);
- принимаются меры по повышению качества научно-технической информации и информационных услуг;
- стимулируется создание современных информационных технологий, информационных систем и сетей, обеспечивается развитие коммуникационных систем;
- осуществляется финансовая, в том числе валютная, поддержка создания, приобретения и распространения научно-технической информации;
- создаются условия для гласности, общедоступности и сохранности научно-технической информации.

Законодательство может предусматривать также ограничения по использованию информации, являющейся государственной, служебной или коммерческой тайной.

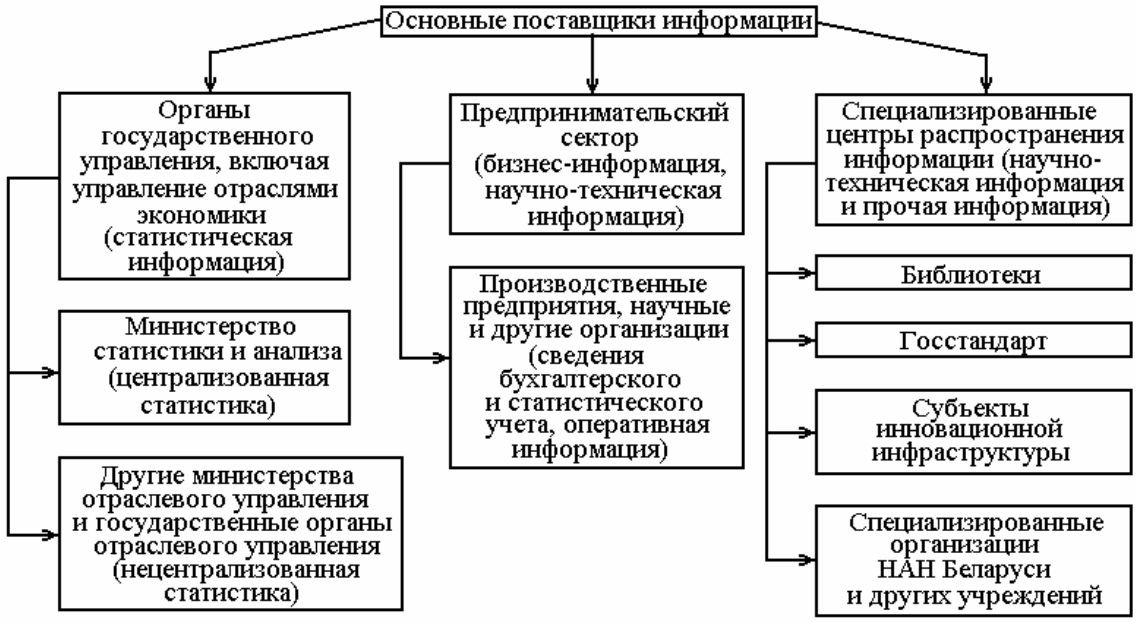


Рис. 2.11. Поставщики информации в Республике Беларусь [25]

Быстрый рост объема печатной информации – удвоение в течение каждых 5–10 лет – затрудняет ее поиск и использование. Поэтому в по-

следние годы все больший объем информации представляется в электронном виде – на магнитных носителях, в виде баз и банков данных, на интернет-сайтах организаций, в электронных библиотеках и др. Это соответствует генеральному курсу на информатизацию экономики и общества. Наличием информации на электронных носителях, ее доступностью и степенью использования определяется уровень информационного обеспечения экономики и научно-технической сферы. Хранение и предоставление информации в электронном виде относится к приоритетному направлению информатизации общества, развития системы научно-технической информации, и в частности научно-технических библиотек. Такая информация характеризуется оперативностью и высокой степенью доступности. Правда, ее качество и достоверность зависят также от квалификации и добросовестности источника.

В сектор информационных и коммуникационных технологий входят Национальный центр информационных ресурсов и технологий, Объединенный институт проблем информатики, Институт прикладных программных систем, УП «Геоинформационные системы», Межотраслевой научно-практический центр систем идентификации и электронных деловых операций и другие организации НАН Беларуси, высшие учебные заведения и иные учреждения системы образования, специализированные организации Министерства связи и информатизации, Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы ГКНТ и Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации Госстандарта, НИИ статистики, организации других государственных органов управления.

БелИСА осуществляет регистрацию всех НИОК(Т)Р, проводимых в Беларуси, регулярно готовит аналитические доклады «О состоянии и перспективах развития науки в Республике Беларусь» [25], совместно с НИИ статистики издает статистические сборники «Наука, инновации и технологии в Республике Беларусь» (см., например, [21]).

Развитие информационных и коммуникационных технологий предусмотрено Государственной программой «Электронная Беларусь» вместе с ГНТП и ОНТП. В соответствии с ГНТП «CALS-технологии» (CALS – поддержание жизненного цикла продукции) разрабатываются информационные средства управления производством и сопровождения продукции, обеспечивающие повышение ее качества и конкурентоспособности.

Созданы специализированные базы данных, размещенные на сайтах правовой информации (pravo.by), нормативной документации в научно-технической сфере (gknt.org.by, belisa.by, belgospatent.org.by, vak.org.by), нормативных технических правовых актов (tnpa.by) и др.

В то же время остается актуальной проблема доступа и стоимости информации, извлекаемой из электронных источников. По числу пользователей Интернетом наша страна (30%) отстает от соседей – Латвии (55%), Литвы (54%), Польши (49%) и России (32%) – но существенно «превосходит» их по стоимости Интернет-услуг.

К важным направлениям информатизации относится также обеспечение *информационной безопасности* – защита информации, хранящейся и передаваемой с использованием электронных средств. Эта проблема становится все более актуальной в связи с расширением информационного пространства.

Источники информации. Печатные издания по-прежнему играют значительную роль в информационном обеспечении научной и инновационной деятельности. Они сосредоточены преимущественно в библиотечных фондах – в Национальной библиотеке Беларуси (НББ), Республиканской научно-технической библиотеке (РНТБ), Центральной научной библиотеке (ЦНБ) им. Я. Коласа НАН Беларуси (табл. 2.8), в специализированных (профильных) и областных библиотеках, в библиотеках научных организаций, вузов, предприятий, – а также в специальных фондах организаций, образующих информационную инфраструктуру.

Новизна и ценность печатной научно-технической информации зависят от вида издания и отрасли науки.

Таблица 2.8

Характеристика информационных ресурсов библиотек (по данным [25])

Библиотека Интернет-адрес	Фонд, млн экз.	Ресурсы
НББ www.nlb.by	8,3	Уникальное здание; межбиблиотечный абонемент; диссертации; базы данных Blackwell Publ., изданий Springer и др.
РНТБ www.rlst.org.by	31,6	Научно-техническая и экономическая литература; нормативно-техническая и патентная документация; промышленные каталоги; более 70 баз данных, в том числе по инновационной деятельности, Blackwell Publ. и др.
ЦНБ csl.bas-net.by	2,4	Научная литература; электронные версии журналов, в том числе зарубежных, ScienceDirect, Scopus; библиографическая база Web of Science; база диссертаций ProQuest Digital Dissertations и др.

Более оперативна, но и быстрее стареет экспресс-информация, в частности технические листки, содержащие сведения о решениях, реализованных в промышленности. Менее актуальна, однако и мед-

леннее стареет информация, полученная из учебников, научных монографий и патентов (рис. 2.12).

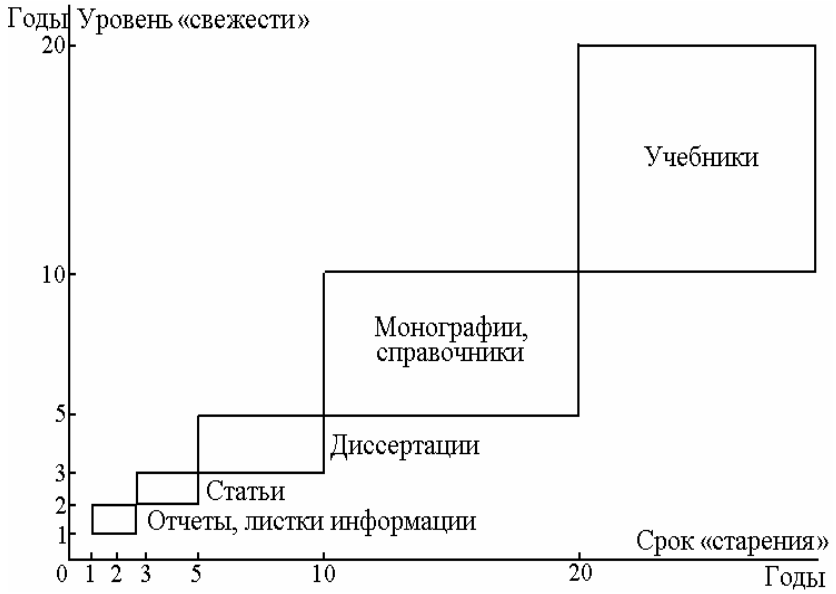


Рис. 2.12. Примерные уровни «свежести» и сроки «старения» научно-технической инфорации

Создание действительно новых образцов продукции и новых технологий невозможно без анализа известных технических решений, т. е. *уровня техники* (см. подразд. 3.2). Наиболее информативна здесь патентная документация – описания технических решений, защищенных патентами; ее источники – официальные бюллетени, электронные базы.

Патентная документация каждой страны сосредоточена в патентных фондах. К электронным версиям этих фондов имеется доступ через Интернет (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Характеристика патентных фондов

Страна, Интернет-адрес	Ресурсы
Республика Беларусь belgospatent.org.by	Перечни патентов по классам, рефераты
Российская Федерация fips.ru	МПК, рефераты (бесплатно), описания (за плату)
США uspto.gov	МПК, патенты США (бесплатно)
ФРГ dpma.de	МПК, патенты ФРГ (DE), США (US), других стран, международные (WO) и европейские (EP) – на немецком и английском языках и (или) на языке страны патентообладателя

Качество источника патентной информации определяется полнотой и доступностью фондов, удобством поисковой системы, возможностью воспроизведения (копирования).

Русскоязычные фонды Национального центра интеллектуальной собственности Беларуси и Федерального института промышленной собственности (ФИПС) России привлекательны для специалистов, не владеющих иностранными языками, но имеют ограничения доступа и существенно уступают патентному фонду Немецкого патентного ведомства (DPMA) по объему предоставляемой информации и организации поисковой системы.

Типичный закон насыщения информацией при поиске путей решения новой научной или практической задачи показан на рис. 2.13.

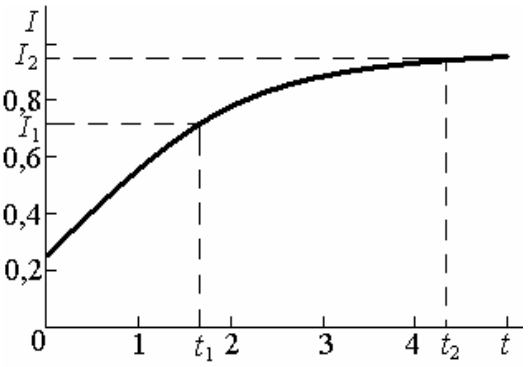


Рис. 2.13. Динамика роста «степени информированности»

Сначала степень информированности I прирастает быстро, но скорость ее роста постепенно снижается. После достижения некоторого уровня I_1 для последующего относительно небольшого увеличения объема извлеченной информации (до уровня I_2) требуется затратить времени больше, чем для достижения достаточно высокого уровня I_1.

Понятно, что приведенная иллюстрация весьма условна. Большое значение имеет выбор стратегии поиска, обоснованный отбор источников информации, далеко не все они в равной степени информативны.

Данные, характеризующие степень полезности различных источников информации для разработки новой продукции, по результатам опроса предприятий указаны на рис. 2.14.

Эти данные свидетельствуют, что в числе наиболее информативных оказались преимущественно те источники, которые можно охарактеризовать как пассивные или принудительные – это выставки и реклама, потребители продукции и конкуренты; стандарты. Они вынуждают работников предприятий констатировать наличие на рынке новой продукции, применение новых технических решений. Их не надо искать, но с ними нужно считаться. А вот научные учреждения, как академические, так и отраслевые, высшие учебные заведения, патентные фонды и некоторые иные источники информации используются

мало и признаны неэффективными, поскольку для извлечения из них нужной информации необходимо сначала проявить инициативу.



Рис. 2.14. Оценка предприятиями эффективности источников информации об инновациях [21]

То, что поиск информации о технических новинках поставлен на предприятиях не всегда должным образом, подтверждает и крайне низкая оценка вклада в информационное обеспечение инноваций собственных служб маркетинга даже по сравнению с собственными исследовательскими и производственными подразделениями. А ведь, казалось бы, именно службы маркетинга ближе всего к потребителям, формирующим спрос на продукцию и требования к ней.

Несоответствие квалификации и принципов работы отделов маркетинга (а точнее, переименованных отделов сбыта) большинства наших предприятий требованиям рыночной экономики в полной мере проявилось в период мирового финансового кризиса, сопровождавшегося значительным спадом потребительского спроса на продукцию. Вся страна – от Президента и премьер-министра до индивидуальных предпринимателей – оказалась озабоченной поиском рынков сбыта продукции, заполнившей склады предприятий, т. е. решением основной задачи работников служб маркетинга.

Здесь уместно привести пример, иллюстрирующий стиль работы специалистов по сбыту в рыночной экономике.

На многих языках мира, в том числе и на русском, издана книга «Введение в реометрию», написанная Гебхардом Шраммом, – не ученым и не разработчиком, а просто «продукт-менеджером», или, по-

нашему, – работником отдела сбыта немецкой фирмы HAAKE – с единственной целью – увеличить объемы реализации приборов для реологических измерений, за сбыт которых он отвечал…

Для наших маркетологов такой подход к работе совсем не типичен.

2.5. Материально-техническое обеспечение

Средства материально-технического обеспечения научной и инновационной деятельности разделяют:

- по источникам финансирования и способу отнесения затрат;
- функциям, выполняемым в процессе исследований и разработок;
- срокам использования (амортизации) и другим признакам.

Здесь термин «*средства*» имеет «материальное» наполнение, но его очень часто используют и для выражения денежных затрат, необходимых для приобретения соответствующих материальных объектов.

Оценка потребности в материально-технических средствах, их стоимости имеет важнейшее значение при планировании и определении целесообразности проведения исследований и разработок. Эти вопросы рассматриваются в разд. 4 в связи с оценкой экономической эффективности исследований и разработок. В данном подразделе приводится лишь общая характеристика материальных компонентов научной и инновационной деятельности.

В экономике отраслей и предприятий материально-технические средства разделяют на основные фонды и оборотные средства.

Основные фонды научных организаций – здания, сооружения, оборудование, приборы и т. п. – имеют, как правило, универсальные назначение, период их использования до полного износа (срок амортизации) значительно превышает продолжительность выполнения отдельных исследований или разработок. Поэтому затраты на их приобретение называют *капитальными вложениями*. При этом выделяют так называемую «*пассивную часть*» основных фондов – здания и сооружения и «*активную часть*» – экспериментальные установки и средства технологического оснащения опытного производства, транспортные средства, испытательные стенды, средства вычислительной техники и управления процессами, средства измерительной техники, приспособления для закрепления и нагружения испытываемых объектов и т. п.

К сооружениям относятся, например, *полигоны* – специальные участки для испытаний образцов техники.

Экспериментальная установка – совокупность технических средств, обеспечивающих воспроизведение изучаемого явления или технологического процесса.

Испытательный стенд – специальная установка для испытаний машин и приборов, включающая средства закрепления объекта, управляемого воздействия на него и измерений параметров состояния.

Средства измерительной техники – обобщенное понятие, охватывающее технические средства, предназначенные для измерений. В зависимости от вида воспроизводимой и (или) измеряемой величины они подразделяются на меры, измерительные преобразователи, датчики, измерительные машины, приборы и установки, а по назначению – на рабочие, используемые непосредственно для научных измерений, контроля параметров в технологических процессах, при испытаниях материалов и изделий; рабочие эталоны, используемые для передачи единицы размера величины рабочим средствам измерений; первичные и вторичные эталоны, применяемые для хранения и воспроизведения единицы величины (см. подразд. 3.3).

Рабочие средства измерений, используемые при исследованиях и испытаниях, должны пройти поверку, в ходе которой подтверждаются метрологические характеристики стандартизованных средств измерений, или метрологическую аттестацию, в ходе которой устанавливаются метрологические характеристики нестандартизованных средств измерений.

Метрологическое обеспечение исследований и разработок, как и производства продукции, включающее наряду с поверкой или аттестацией средств измерений также метрологический контроль методик выполнения измерений, является одним из важнейших компонентов материально-технического обеспечения исследований и разработок. В соответствии с законодательством [40] в Республике Беларусь осуществляется комплекс мер по государственному метрологическому надзору и метрологическому контролю, установлены требования к обеспечению единства измерений, разрабатываются стандарты и другие нормативно-технические документы, регулирующие эту сферу, разрабатываются национальные эталоны, воспроизводящие единицы физических величин с наивысшей точностью в стране, образцовые средства измерений. В Белорусском государственном институте метрологии Госстандарта имеется 14 национальных эталонов, 172 единицы специального испытательного оборудования и образцовых средств измерений.

Средства технологического оснащения – технические средства, используемые в производственном (технологическом) процессе. К ним относятся:

• *технологическое оборудование* – орудия производства, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них и источники энергии;

• *технологическая оснастка* – орудия производства, используемые совместно с технологическим оборудованием для размещения материала, заготовок и воздействия на них, – пресс-формы, оправки, приспособления, инструмент и т. п.

Средства технологического оснащения в процессах исследований и разработок могут использоваться для изготовления образцов вещества, материала, макетов, опытных образцов (опытных партий) разрабатываемых изделий, для отработки технологии и т. п., а также выступать в качестве предмета разработки.

Другая часть материальных объектов, используемых при исследованиях и разработках, – это вещества и материалы как объекты исследования или как сырье, комплектующие, необходимые для изготовления макетов или опытных образцов, а также инструменты, иные расходные вещества, применяемые в эксперименте, при изготовлении образцов и испытаниях, например в качестве компонентов внешней среды, и т. п. Сюда же относятся магнитные и бумажные носители информации, специальные программные средства, канцтовары и прочее. Эти средства приобретаются, как правило, в связи с выполнением конкретной работы и утрачиваются («изнашиваются») при ее выполнении, поэтому их называют *оборотными средствами*.

Состав материально-технических средств, необходимых для проведения НИОК(Т)Р, зависит от характера (содержания) и от стадии работ.

Капитальные вложения, затраты на некоторые составляющие активной части основных средств, а также оборотные средства относятся к разным статьям затрат, финансируются из разных источников и дают различную характеристику стоимости и эффективности исследований и разработок (см. разд. 4).

Показатели материально-технического обеспечения. Уровень материально-технического обеспечения научной и инновационной деятельности оценивают по суммарной стоимости основных средств и их качественному составу.

Отношение стоимости основных фондов к численности работников определяет их *фондовооруженность*. Фондовооруженность работников в отраслях экономики страны составляет 56 млн. руб., а в научно-технической сфере почти в 1,5 раза меньше – только 39 млн. руб.

Почти половина всех основных фондов научно-технической сферы сосредоточена в НАН Беларуси, в Министерстве промышленности – только 20%, в Госкомитете по военной промышленности – 21%.

Материально-техническая база научных исследований и разработок, имеющаяся в университетах, в значительной мере используется в учебном процессе, для проведения исследований студентами и аспирантами.

Материально-техническую базу научной и инновационной деятельности в заводском секторе науки составляют специальные испытательные центры, лаборатории, стенды и т. п., например лаборатории для испытаний материалов, элементов конструкции автомобилей на МАЗе, испытаний двигателей на моторном заводе.

Срок эксплуатации (амортизации) научного оборудования и приборов до морального износа составляет обычно 3–5 лет. Износ основных средств в организациях науки и научного обслуживания составляет 50–70%. Оборудование и приборы 20- и даже 30-летнего срока эксплуатации совсем не редкость в наших вузах и научных учреждениях. В этом смысле они являются уникальными, но не вследствие технического совершенства, а из-за недостатка средств на закупку новых.

Объем капитальных затрат в научно-технической сфере Республики Беларусь длительное время не превышал 7,5%, тогда как в целом по стране эта доля составляет более 9%. Низкий уровень финансирования служит одной из причин недостаточных темпов обновления оборудования и приборов. Большинство уникальных приборов и научного оборудования в стране не производится, но до недавнего времени все приборы и научное оборудование, ввозимые из-за рубежа, облагались таможенными пошлинами и налогом на добавленную стоимость наравне с производственным оборудованием.

В последние годы наметилась тенденция к улучшению материально-технического обеспечения научно-технической сферы. Реализуется программа технического переоснащения научных организаций и высших учебных заведений. Финансирование осуществляется в основном – до 70–90% от общего объема – за счет средств бюджета, хотя в некоторых университетах эта доля значительно меньше: 35% в БГТУ и 30% в БГУИР, но при этом в организациях Министерства промышленности – 46%. Создаются центры коллективного пользования уникальным научным оборудованием. Ряд научных институтов и вузов оснащается оборудованием и приборами собственной разработки.

Объемы затрат на техническое переоснащение в 2007 г. возросли до 10% от общего объема финансирования исследований и разработок [21].

При этом приоритет отдан созданию материально-технической базы исследований в отрасли медицинских наук, а вот удельные затраты на оснащение организаций, относящихся к отрасли технических наук, оказались вдвое ниже среднего уровня.

Наряду с кадровым обеспечением стоимость основных фондов, их состав в значительной мере определяют потенциальные возможности и эффективность проведения тех или иных исследований и разработок в данной организации. Отношение стоимости основных фондов, используемых для проведения исследований и разработок, к их суммарной стоимости характеризует *фондоемкость* этих работ, а стоимость выполняемых в течение года исследований и разработок к стоимости используемых основных фондов – *фондоотдачу*.

Увеличение стоимости основных фондов при условии их должного качественного наполнения означает, с одной стороны, дополнительные возможности и повышение уровня проводимых исследований и разработок в организации, а с другой – повышение фондоемкости и снижение фондоотдачи (при фиксированных результатах).

Произведение фондовооруженности на фондоотдачу равно стоимости работ, приходящейся на одного исполнителя, которую иногда рассматривают в качестве оценки производительности труда работника. Такая оценка применима в сфере производственной деятельности, цель которой – создание новых материальных ценностей. Но эффективность труда исследователя и разработчика нельзя оценивать по объему произведенных затрат. Показатели, связанные со стоимостью основных фондов организации, могут использоваться только для статистических целей, но не могут быть приняты в качестве критерия оценки результативности научных исследований, проводимых в данной организации. «Согласно закону Джонсона – Басанова, произведение оснащенности научной лаборатории на сообразительность ее сотрудников – величина постоянная…» (В. В. Муравьев).

3. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

3.1. Задания на выполнение исследований и разработок

Атрибуты научной и инновационной деятельности. Характеристику исследований и разработок, как, впрочем, и иных видов деятельности, дает совокупность следующих признаков: цель; материальный объект или явление, на которые направлена деятельность; предмет и содержание (стадии, этапы) этой деятельности; основания и условия осуществления – предоставляемые средства, источники информации, исходные данные, сроки выполнения и ограничения; исполнители; методы осуществления; результаты деятельности и критерии их оценки (рис. 3.1).

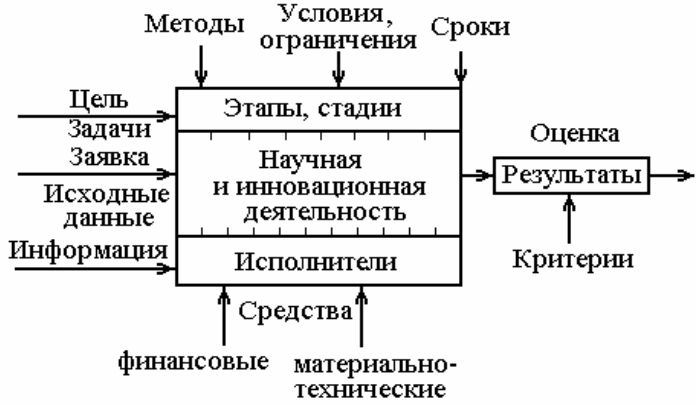


Рис. 3.1. Структурная схема научной и инновационной деятельности

Перечисленные атрибуты научной и инновационной деятельности излагаются в исходной заявке на финансирование исследований, разработок или инновационного проекта, в договоре, техническом задании, в календарном и бизнес-плане и других документах, оформляемых до начала работ. Термин «*атрибуты*» (от лат. *attributum* – присовокупленное) применен здесь для обозначения совокупности неотъемлемых свойств, характерных признаков рассматриваемых видов деятельности.

Цель – это назначение (а не предмет или содержание) деятельности. Формулировка цели должна давать ответ на вопрос: зачем необходимы исследование, разработка?

Целями фундаментальных исследований могут быть выяснение сущности явления, его закономерностей, обнаружение того или иного свойства, а целью прикладных исследований – выяснение возможности и условий достижения конкретного практического результата на основе вновь установленных явлений, закономерностей их протекания, применения новых веществ и материалов, новых конструктивных решений или технологических приемов.

Целью разработок, являющихся частью инновационной деятельности в сфере производства, служат:

- освоение выпуска новой продукции – веществ, материалов, изделий, обладающих повышенными потребительскими свойствами, а потому более конкурентоспособными на рынке и т. д.;
- освоение (использование в производстве) новой технологии, обеспечивающей повышение производительности труда, снижение стоимости, энерго- и материалоемкости продукции, улучшение условий труда, снижение экологической нагрузки и т. п.

Формулировки целей прикладных исследований и разработок обычно содержат достаточно строгое определение ожидаемого конечного результата. Они должны давать основания для последующей оценки степени достижения этого результата, а потому не должны подменяться указанием объекта, задачи или предмета исследований и разработок (например, целью исследования материала не может быть «Изучить свойства…»).

Цели отдельных тем и заданий, включаемых в программы, должны соответствовать целям программы.

Объект исследования и разработки – явление, предмет, на которые направлена деятельность – технология, средства технологического оснащения, продукт и т. п.

Задача исследования отвечает на вопросы: «Что необходимо сделать, что делается или будет сделано для достижения объявленной цели?». Например: изучить свойства, определить параметры, отработать технологию, изготовить макет, провести испытания и т. п., при этом свойства материала, параметры процесса, технологии, макета и т. д. – это ***предмет исследований***.

В результате научных исследований получают [38]:

- новые знания, приобретенные теоретически или экспериментально и (или) изложенные в любой форме либо зафиксированные на любых материальных носителях информации, допускающих их воспроизведение и (или) практическое использование;

• экспериментальные (лабораторные) образцы объектов и процессы, созданные на основе новых знаний, а также документацию на эти объекты и процессы.

Результаты научной деятельности оцениваются по критериям новизны, значимости для науки и практики, объективности, доказательности и точности (см. разд. 4).

Выполнение НИР согласно СТБ 1080–97 [49] включает:

• разработку технического задания (в случае, если ТЗ не разработано до заключения договора);

• выбор направления исследования;

• теоретические и экспериментальные исследования;

• обобщение и оценку результатов.

Содержание и общая методология теоретических и экспериментальных исследований технических объектов рассматриваются в последующих параграфах данного раздела (см. подразд. 3.2–3.5).

Процесс выполнения ОКР по созданию научно-технической продукции включает:

• сбор, изучение и анализ материалов (исходной информации) и определение необходимости экспериментальных (опытных) работ;

• техническое и организационное обеспечение экспериментальных (опытных) работ, включая разработку документации, изготовление экспериментальных (опытных) образцов, подготовку к их испытаниям;

• выполнение экспериментальных (опытных) работ и обработку результатов;

• обобщение и приемку результатов ОКР.

Инновационная деятельность, направленная на разработку и постановку продукции на производство, согласно СТБ 972–2000 [46], в общем случае включает следующие стадии:

• исследование и обоснование разработки – формирование исходных требований, обоснование возможности и целесообразности разработки;

• разработку ТЗ, определяющего необходимые и достаточные требования к разрабатываемой продукции;

• разработку продукции, включающую все стадии разработки конструкторской и технологической документации, изготовление и испытание опытных образцов (партий) продукции;

• постановку на производство продукции, включающую подготовку и освоение производства, вплоть до организации серийного производства.

Заявки на НИОК(Т)Р. ***Заявка на разработку и освоение продукции*** [52] – исходный технический документ заказчика, содержащий предложения о разработке и освоении в производстве необходимой ему продукции, включая сроки проведения работ, технико-экономические требования к заказываемой продукции и объему ее производства.

Однако проведение разработок по таким заявкам потенциальных потребителей не типично для рыночной экономики. Наиболее часто в качестве заявителя инвестиций, в частности бюджетных средств, выступает будущий исполнитель исследований, разработчик или изготовитель продукции.

Любой инвестор, включая венчурные организации, прежде чем выделить средства на проведение исследований и разработок, на осуществление инновационного проекта потребует от заявителя указать конечный результат, условия его получения, обосновать предполагаемые затраты и т. п. Даже в тех редких случаях, когда исследования и разработки производятся по инициативе заказчика, составление исходных документов для их проведения, как правило, входит в функцию исполнителя. Это обусловлено тем, что исполнитель обладает более высокой квалификацией в области предстоящих работ, лучше знает предмет исследований и разработок, условия их выполнения.

Исходной информацией для составления заявки служат общие требования потенциального инвестора к финансируемым работам и к правилам составления и условиям подачи заявок на финансирование. В большинстве случаев эти требования достаточно детализированы и формализованы.

Заявка на включение задания в ГНТП предусматривает представление следующих документов по установленным формам [70]:

- задание научно-технической программы (подпрограммы);
- этапы выполнения (календарный план);
- технико-экономическое обоснование.

Форма задания ГНТП предусматривает указание следующих сведений:

- наименование задания;
- сроки выполнения;
- основные технико-экономические показатели, характеризующие конкурентоспособность разрабатываемой продукции;
- организации-исполнители и руководитель задания;
- сроки выполнения и объем финансирования НИОК(Т)Р;

• сроки подготовки и освоения инноваций в производстве; объем финансирования этих работ;

• наименование конечной научно-технической продукции;

• наименование и объем выпуска (внедрения) вновь освоенной (новой) продукции и организация изготовитель (потребитель).

Технико-экономическое обоснование включает пояснительную записку и приложения. В случаях, если по решению госзаказчика предусматривается разработка *бизнес-плана*, он прилагается к представляемым формам, пояснительная записка излагается в краткой форме. Пояснительная записка ТЭО содержит:

• анализ состояния предлагаемой к разработке проблемы в республике и достигнутый уровень ее решения в странах СНГ и за рубежом;

• цель работ;

• основные технико-экономические параметры создаваемых инноваций, сравнение их с характеристиками лучших аналогов; сведения о новизне разработки, номера патентов на применяемые изобретения, данные зарубежных и отечественных источников по решению проблемы;

• сведения об интеллектуальном и научно-техническом потенциале для выполнения НИОК(Т)Р и освоения (внедрения) их результатов в производстве, в частности, описываются крупные научные и технические проблемы, решенные ранее учеными (специалистами), привлекаемыми к выполнению задания, перечень публикаций исполнителей по данной проблеме; данные о результатах освоения (внедрения) ранее завершенных разработок, необходимых ресурсах (трудовых, энергетических, сырьевых и др.), о наличии производственных мощностей и площадей, оборудования для реализации задания;

• обоснование предлагаемых сроков выполнения задания, объемов финансирования НИОК(Т)Р и работ по освоению (внедрению) их результатов, включая предусматриваемые объемы затрат заказчика, разработчика и изготовителя (пользователя), а также потребности средств из республиканского бюджета, объемов выпуска вновь освоенной (новой) продукции;

• сведения об ожидаемых экономических и социальных показателях освоения (внедрения) результатов (снижение себестоимости продукции, повышение ее эксплуатационных характеристик, экономия трудовых, материальных и энергетических ресурсов; импортозамещение, возможные объемы поставок вновь освоенной (новой) продукции на экспорт; увеличение объема выпуска товаров народного потребления; улучшение экологических характеристик производства, условий

труда и других социально-экономических показателей) у изготовителя и потребителя инноваций;

• ориентировочную цену на новую продукцию, потребность в ней внутри страны, в странах СНГ, дальнего зарубежья и степень удовлетворения этой потребности;

• обязательства организации-изготовителя (пользователя) вновь освоенной (новой) продукции по срокам и объемам выпуска, по ее участию в финансировании работ;

• сведения о вероятности возможных отрицательных последствий реализации задания, возникновения аварийных ситуаций, экологических загрязнений и других при разработке, производстве и использовании вновь освоенной (новой) продукции;

• сведения об основных потребителях вновь освоенной (новой) продукции.

К ТЭО прилагаются карта технического уровня нового изделия или технологического процесса; калькуляция стоимости работ, выполняемых за счет средств республиканского бюджета, государственных целевых бюджетных фондов, а также внебюджетных средств; расчет расходов, финансируемых за счет средств республиканского бюджета, по основным статьям.

Карта технического уровня и качества продукции, разработка которой предусмотрена требованиями некоторых нормативных документов, – документ, содержащий сведения о технико-экономических показателях продукции, характеризующих уровень ее качества по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными аналогами и перспективными образцами. Правила ее разработки изложены в ГОСТ 2.116–84.

Соблюдение установленных инвестором формальных требований является одним из важных условий для приема заявки на финансирование к рассмотрению. С другой стороны, при составлении заявки должны учитываться и правила экспертизы, критерии оценки результатов исследований и разработок, финансируемых из данного источника (см. подразд. 4.3).

Договор на выполнение исследований и разработок. Создание технических решений, как и другой научно-технической продукции, требования к ним, форма представления, условия использования и т. п. предусматриваются договорами на выполнение НИОК(Т)Р или на разработку и постановку продукции на производство.

Согласно Гражданскому кодексу [36], договор на выполнение НИОК(Т)Р предусматривает проведение обусловленных *техническим*

заданием научных исследований или разработку образца нового изделия, конструкторской документации на него или новой технологии. Третьи лица могут быть привлечены к проведению исследований только с согласия заказчика, а к выполнению ОК(Т)Р – при отсутствии запрета на это в договоре.

В договоре указывают начальный и конечный сроки выполнения работ, могут быть предусмотрены также сроки выполнения отдельных этапов (в частности, в календарном плане, прилагаемом к договору).

Стоимость работ по договору определяется по соглашению сторон, протокол соглашения также прикладывается к договору. В отдельных случаях заказчик может потребовать от исполнителя обосновать планируемые затраты по договору в целом и по отдельным этапам, статьям затрат или видам работ, а также по работам, выполняемым третьими лицами (сторонними организациями). Методы оценки затрат на исследования и разработки рассматриваются в подразд. 4.4.

Заказчик принимает на себя обязательства передать исполнителю необходимую для выполнения работ информацию, принять и оплатить результаты работы, в том числе ее части, выполненной исполнителем до выявления невозможности получить предусмотренные договором результаты вследствие обстоятельств, не зависящих от исполнителя.

Исполнитель обязуется провести предусмотренные заданием работы и передать заказчику их результаты в установленные сроки; согласовать с заказчиком использование объектов интеллектуальной собственности, права на которые принадлежат третьим лицам, гарантировать отсутствие нарушений этих прав; устранить допущенные недостатки в работе; незамедлительно проинформировать заказчика о невозможности получить ожидаемые результаты; нести ответственность за нарушение договора по своей вине; возместить заказчику упущенную выгоду в размерах, предусмотренных договором.

Обе стороны обязаны обеспечить конфиденциальность сведений, касающихся предмета договора, публиковать или использовать результаты только в соответствии с договором или по соглашению сторон.

Формы договоров на создание (передачу) научно-технической продукции содержатся в приложении к СТБ 1080–97, положениям о порядке финансирования НИОК(Т)Р за счет средств госбюджета, в частности в составе ГНТП и инновационных проектов [61, 70].

В договорах на НИОК(Т)Р за счет бюджетных средств должна оговариваться возможность выполнения работ силами ВНК, если организация-исполнитель не в состоянии обеспечить выполнение соот-

ветствующей работы собственными силами и (или) в сроки, определенные заключенными ими с государственными заказчиками договорами на выполнение научных исследований и разработок или установленными им заданиями. При этом такая возможность должна быть определена и в заданиях (проектах, планах) соответствующей программы.

Договор заключается с руководителем ВНК на срок в пределах одного финансового года. Он предусматривает помимо выполнения ВНК всех запланированных работ в полном объеме, в установленные сроки и в нерабочее время, предоставление организацией помещений и иного имущества, необходимых для проведения научных исследований и разработок; выплату членам ВНК вознаграждений за проводимые исследования и разработки; исчисление, удержание и перечисление в бюджет в соответствии с законодательством подоходного налога с физических лиц и иных платежей с суммы выплачиваемого членам ВНК вознаграждения; организацию и ведение бухгалтерского учета, иного обеспечения, связанного с исполнением договора на выполнение работ; определяет принадлежность имущественных прав на результаты исследований и разработок.

После заключения договора на выполнение исследований и разработок члены ВНК по предложению его руководителя принимают решение о распределении работы. Данное решение оформляется протоколом, который подписывают все члены ВНК.

Техническое задание на прикладную НИР. Техническое задание на НИР, проводимые с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей создания новой и модернизации выпускаемой продукции, разрабатывают согласно СТБ 1080–97. ТЗ на НИР (см. приложение 2) должно содержать необходимые и достаточные требования к объекту, предмету и содержанию предстоящих исследований, к создаваемой на их основе научно-технической продукции.

ТЗ на НИР обычно входит в комплект документов, прилагаемых к договору. В отдельных случаях по взаимной договоренности исполнителя и заказчика разработка ТЗ может входить в состав работ, выполняемых по договору.

Вместе с договором и календарным планом ТЗ служит основным документом, определяющим требования к результатам исследований и условиям их получения, форму представления результатов, условия и размеры оплаты. Поэтому от качества его составления зависит достижение цели исследования.

ТЗ является результатом компромисса между заказчиком и исполнителем исследований. Стремление исполнителя упростить задачу, ограничиться общими формулировками, увеличить сроки выполнения этапов и размеры оплаты так же естественно, как и стремление заказчика к четким и конкретным формулировкам, к получению наивысшего результата с минимальными затратами. В связи с этим еще на стадии разработки ТЗ заказчик должен четко сформулировать свои требования в своем исходном документе (заказе или ином документе, на основании которого будет проводиться работа, в исходных данных, обязательных для исполнителя) и тем самым гарантировать получение необходимого результата.

В то же время требования ТЗ не должны быть настолько ограничительными, чтобы сдерживать творчество исполнителя, препятствовать ему в выборе более эффективных путей достижения поставленной цели.

Результатом прикладных НИР служат обычно уточненные требования к продукции, планируемой к разработке, поэтому в число документов, предъявляемых по итогам такой НИР, входит проект ТЗ на разработку этой продукции.

Техническое задание на разработку продукции. В зависимости от области последующего применения различают продукцию народнохозяйственного (включая продукцию производственно-технического назначения и товары народного потребления) и военного (военная техника и предметы вооружения) назначения. ТЗ на разработку продукции, составляемое согласно СТБ 972–2000, является основным исходным документом, определяющим необходимые и достаточные требования к разрабатываемой продукции производственно-технического назначения и непродовольственные товары народного потребления.

Обычно требования к продукции, включаемые в ТЗ на ее разработку, устанавливают по результатам исследования целесообразности и обоснования необходимости разработки данного вида продукции, т. е. в результате предпроектных (прикладных) исследований, речь о которых шла выше, или по результатам разработки *аванпроекта*.

Разработка аванпроекта – вид работ, предшествующий разработке продукции, выполняемый будущим ее разработчиком по заданию заказчика или основного потребителя с целью технико-экономического обоснования целесообразности разработки продукции, путей ее создания, производства и эксплуатации. Состав, содержание и требования к оформлению аванпроекта приводятся в приложении 7.

Возможно включение разработки ТЗ и в состав работ, проводимых по договору о разработке и постановке на производство новой

продукции. При инициативной разработке ТЗ разрабатывает и утверждает сам разработчик продукции.

ТЗ на разработку продукции содержит весь комплекс требований к продукции, обеспечивающих впоследствии постановку ее на производство, экономичное изготовление, выгодную реализацию и успешное использование (эксплуатацию) по назначению (см. приложение 3).

Требования к продукции отражаются путем установления в ТЗ *показателей качества*, определяющих способность продукции удовлетворять предъявляемым требованиям.

Показатели качества различают по характеризуемым свойствам, по способу выражения, по стадии определения (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Группы показателей качества продукции

Признак классификации	Группы показателей
Характеризуемое свойство	Конструктивные; назначения; функциональные; надежности; эргономические; эстетические; технологичности; унификации; метрологические; транспортабельности; безопасности; патентно-правовые; экологические; экономические
Способ выражения	Единичные; комплексные; базовые; относительные
Стадия определения	Прогнозируемые; проектные; производственные; эксплуатационные

Вид (группа) продукции устанавливается на основании классификаторов продукции по назначению и условиям применения, в частности ОКП.

Номенклатуру и значения показателей качества устанавливают с учетом типичных требований для данного вида продукции, стандартов, сведений об аналогах и т. п. Они должны быть необходимыми и достаточными для характеристики разрабатываемой продукции. При этом, как и в случае разработки ТЗ на НИР, интересы заказчика и разработчика могут различаться.

При выборе номенклатуры показателей качества продукции учитывают назначение и условия использования продукции, требования потребителей, возможности управления качеством.

Перечень требований к продукции каждого вида может быть установлен нормативными документами, например, номенклатура показателей качества пластмасс конструкционных – по ГОСТ 25288–82, грузовых автомобилей – по ГОСТ 4.401–88. В некоторых случаях стандартизованы и значения показателей качества – параметров продукции.

Показатели назначения характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обусловливают область ее применения. Эти показатели, а также показатели функциональные, технической эффективности, конструктивные и некоторые другие могут быть приняты в качестве классификационных показателей данного вида продукции, которые определяют принадлежность ее к той или иной классификационной группировке. Это, например, грузоподъемность грузового автомобиля, пассажировместимость легкового автомобиля и автобуса, диаметр шнека экструдера или трубы, номинальное усилие и размеры стола пресса.

Показатели функциональные и технической эффективности характеризуют полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции и прогрессивность технических решений, закладываемых в продукцию. Это, например, производительность экструдера; показатель точности прибора; показатель прочности волокна; удельная энергоемкость пластикатора и др.

Конструктивные показатели характеризуют основные проектно-конструкторские решения, удобство монтажа и установки изделий, возможности агрегатирования и взаимозаменяемости. К конструктивным показателям, например, относятся габаритные и присоединительные размеры; наличие дополнительных устройств, варианты и особенности исполнения и т. п.

Конструкция изделия едва ли получится лучше, чем определена в ТЗ. Конструктор будет стремиться не улучшить параметры, а достичь заданных с минимальными затратами собственного труда, затратами на изготовление (к этому будут принуждать требования технологичности и технолог, стоящий на страже этих требований). Поэтому все необходимые требования в конструкции должны быть указаны в ТЗ, а компромисс достигается в результате дискуссии между конструктором и технологом.

Экономические показатели включают затраты на разработку, изготовление и испытания опытных образцов, себестоимость изготовления, затраты на эксплуатацию и др.

ТЗ на разработку продукции должно согласовываться с изготовителем, если он не является одновременно заказчиком или разработчиком, а также в необходимых случаях – с государственными органами, отвечающими за соблюдение требований безопасности, за сохранение здоровья и имущества граждан, за охрану окружающей среды, электромагнитную совместимость и т. п.

В связи с тем, что фактические значения показателей качества могут иметь отклонения от номинального или среднего значения, заданные значения могут быть в виде границ или средних значений и характеристик рассеивания (однородности).

Бизнес-план инновационного проекта. Экономическую целесообразность и эффективность разработки и освоения производства новой продукции и новой технологии следует оценить еще до начала финансирования инновационного проекта. Для этого в состав заявки на инновационные проекты в качестве обязательных документов входят *технико-экономическое обоснование* или *бизнес-план*.

Требования, предъявляемые к продукции, устанавливаются ТЗ, разработанным в соответствии с СТБ 972–2000. Бизнес-план содержит данные об исполнителе проекта, его возможностях, технико-экономический анализ и оценку предлагаемого проекта, предложения по его реализации, обоснование необходимых инвестиций и источников финансирования, оценку эффективности затрат на реализацию проекта (РД РБ 0210.6–96).

Бизнес-план разрабатывает заинтересованная организация – исполнитель. Для разработки бизнес-планов крупных инновационных проектов привлекают специалистов – консультантов и экспертов, специальные уполномоченные организации.

Бизнес-план должен давать объективную оценку проблем и путей их решения. Изложение и оценки должны сопровождаться фактами, расчетами и иллюстрациями, в частности, сведения о рынке сбыта должны быть подтверждены заключениями и предложениями конкретных субъектов хозяйствования. Основные разделы бизнес-плана и их содержание указаны в табл. 3.2.

Содержание и объем отдельных разделов могут изменяться в зависимости от вида, значимости и сложности проекта, а также от объема требуемых инвестиций. Чем больше объем инвестиций, тем глубже и полнее должен быть проработан бизнес-план.

Предполагаемые затраты на выполнение НИОК(Т)Р определяют по статьям расходов в соответствии с общепринятым порядком. Но в таком порядке имеется серьезный дефект: инвестору важнее знать не структуру затрат по статьям, отражающую финансовую специфику организации-исполнителя, а их размеры по видам работ. Только в этом случае инвестор может оценить обоснованность запрашиваемых инвестиций (см. подразд. 4.4 и 4.5).

Общие затраты на выполнение проекта распределяют по источникам финансирования: собственные средства (прибыль); бюджет; централизованные фонды министерств (ведомств); заемные средства (кредит).

Таблица 3.2

Содержание разделов бизнес-плана инновационного проекта

Раздел	Содержание
Общие данные	Сведения об организации-инициаторе проекта: название; форма собственности; подчиненность; основные виды деятельности; адрес; руководители
Резюме	Сущность проекта, его привлекательность и преимущества, достигаемые результаты и перспективы реализации
Характеристика заявителя	Сведения о предприятии(организации)-заявителе проекта, его производственно-хозяйственной деятельности и текущем финансовом состоянии, наличии научно-технического потенциала и производственной базы
Описание проекта	Цель; актуальность, степень новизны, патентная защищенность, содержание работ и ожидаемые результаты, степень готовности, основные этапы, их исполнители и сроки выполнения
Характеристика продукции	Краткое описание, потребительские и эксплуатационные качества, показатели, типичные для данного вида продукции, оценка конкурентоспособности (сравнение с отечественными и зарубежными аналогами со ссылками на источники информации)
Анализ рынка сбыта продукции	Состояние рынка в республике, за рубежом; ведущие фирмы-производители аналогичной продукции, существующие и потенциальные конкуренты; основные потребители продукции; оценка емкости рынка на 3–5 лет
Материальные ресурсы	Оценка потребности в сырье, материалах, оборудовании, покупных изделиях т. д.; возможные варианты поставок
Исполнители	Общие данные об организациях-исполнителях; сведения о потребности в кадрах и затратах
График осуществления	Поэтапный перечень всех работ с указанием сроков выполнения, исполнителей и форм представления результатов
Финансовый план	Результаты расчета всех необходимых затрат и прогнозируемых финансово-экономических показателей проекта
Национальная оценка	Создание рабочих мест; замещение импорта; расширение экспорта; увеличение валютных поступлений; пополнение рынка социально значимыми товарами; улучшение условий труда; утилизация отходов; улучшение экологической ситуации и др.

Финансовый прогноз использования результатов выполнения проекта дается на 3–5 лет. Рассчитывают себестоимость новой продукции в первый год ее освоения и при выходе на проектную мощность. Цену новой продукцию назначают такой, чтобы, с одной стороны, она соответствовала рыночной и способствовала устойчивому спросу продукции, с другой – обеспечивала бы безубыточность производства и получение максимальной прибыли.

Эффективность проекта оценивают по сроку окупаемости капитальных затрат, включая затраты на НИОКР, и рентабельности продукции.

Для определения срока окупаемости (возвратности) капитальных затрат складывают чистую прибыль по годам. Сроком окупаемости считают период, в течение которого сумма чистой прибыли по годам достигнет величины капитальных затрат. При этом, если имеется два варианта расчета чистой прибыли (существующая и новая продукция), то по годам суммируется не вся прибыль, а только прирост чистой прибыли проектного варианта по отношению с существующим.

Национальная польза от проекта по возможности также должна быть подтверждена расчетами и количественными характеристиками.

В бизнес-плане указывают и возможные отрицательные последствия реализации проекта (возникновение аварийных ситуаций, ухудшение экологии и др.), пути их преодоления.

К текстовой части прикладывают балансовую ведомость, расчет затрат на приобретение материальных ресурсов, потребности в кадрах и затрат на заработную плату, калькуляцию сметной стоимости работ, расчет чистой прибыли, другие информационные материалы, на которые в текстовой части содержатся ссылки.

Для сокращения затрат времени на финансовые расчеты рекомендуется использовать стандартные методики и доступные программные средства, например COMFAR, Project Expert, «Альт-Инвест» и др.

Оценка затрат на исследования и разработки. Несмотря на наличие нормативной базы подготовки и экспертизы планируемых НИОКР и инновационных проектов, проблема предпроектной оценки стоимости работ и обоснования заявляемых затрат на выполнение проекта, соизмерения их с получаемым результатом весьма актуальна. Нормативные документы, регламентирующие порядок подготовки заявок на НИОКР и инновационные проекты, предусматривают представление технико-экономического обоснования проекта, составление проекта калькуляции предполагаемых расходов, но не содержат необходимых рекомендаций по оценке их стоимости с учетом конкретного содержания и объемов выполняемых работ и получаемых результатов. Правила экспертизы проектов предусматривают лишь экспертную, значит, не лишенную субъективности оценку обоснованности затрат.

Необходимость предпроектной оценки затрат на НИОКР и инновационные проекты возникает не только у их потенциальных исполнителей или у государственных заказчиков, осуществляющих отбор проектов, финансируемых за счет бюджетных средств или отраслевых

инновационных фондов, но и у иных инвесторов и предприятий различных форм собственности, планирующих инновации за счет собственных средств.

Актуальность проблемы обусловлена тем, что подходы, имевшие место в прежней плановой и административно-командной экономической системе, не соответствуют нынешнему этапу перехода к рыночным принципам хозяйствования. С другой стороны, рыночные подходы, типичные для развитых западных стран и предлагаемые в России и других странах постсоветского пространства, не вполне согласуются с законодательной базой нашей страны и потому не могут быть безоговорочно применены на практике.

Трудность предпроектной оценки затрат на НИОКР и инновационные проекты обусловлена, с одной стороны, многообразием свойств и неопределенностью самого предмета финансирования как в части детального содержания предстоящих работ, так и в части получаемого результата, а с другой – отсутствием нормативной базы для формализованной процедуры самой оценки. Содержание и формы осуществления инновационных проектов в различных отраслях экономики, на предприятиях различного профиля, различных форм собственности и с различной организационной структурой, безусловно, имеют специфику, которая должна учитываться при оценке затрат на реализацию этих проектов.

Многие инновационные проекты, направленные на освоение производства изделий по новым технологиям, предусматривают значительную долю затрат на подготовку производства, а именно на разработку и изготовление средств технологического оснащения и отработку технологии. Эта доля тем больше, чем выше степень новизны применяемых технологий. Затраты на подготовку производства могут быть на порядок выше затрат на разработку самого изделия. Известны две (правда, весьма грубые) оценки соотношения затрат на стадиях НИР, ОКР и подготовки производства (ПП) (рис. 3.2).

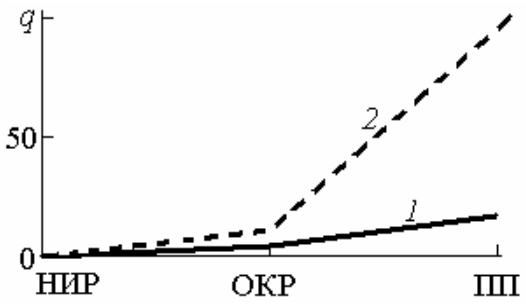


Рис. 3.2. Относительные затраты на стадии инновационного проекта:
1 – по закону $2^0 : 2^2 : 2^4$;
2 – по закону 1 : 10 : 100

Оценка стоимости проекта включает формализованное представление проекта; использование исходных данных и статистических зависимостей, доступных разработчику и эксперту, специального про-

граммного обеспечения, реализующего формализованную процедуру оценки и минимизации стоимости проекта.

Формализованное представление проекта должно основываться на действующей нормативно-технической документации. Технические и другие требования к продукции наиболее полно отражаются в ТЗ на разработку. Для целей оценки затрат целесообразно разделить технические требования к изделию на группы, связанные с конструкцией изделия, с материалом и технологией изготовления.

Известны следующие методы оценки стоимости инновационных проектов: экспертный (интуитивный); по аналогии; нормативно-расчетный; по структуре затрат; по календарному плану и сетевому графику работ. Предпочтительны нормативно-расчетный (при наличии достаточных исходных данных) метод и расчет на основе структуры затрат согласно ТЗ и календарному плану работ. При этом малые проекты целесообразно оценивать по затратам времени на выполнение проекта в целом, а крупные – по отдельным этапам, с использованием календарных планов.

Каждый вид исследований и разработок в определенной области техники и технологий характеризуется некоторым «главным параметром» и определенным соотношением затрат труда, материалов, энергии и иных материальных или материализуемых ресурсов (табл. 3.3).

Таблица 3.3

«Главные параметры» и структура затрат на различных этапах инновационного проекта, направленного на освоение производства новых изделий из полимерных и композиционных материалов

Этап	«Главный параметр» (вид работ)	Доля затрат в стоимости этапа
Исследование	Трудозатраты (патентный поиск, расчеты, испытания образцов)	0,25–0,30
Разработка изделия	Объем КД (конструирование)	0,15–0,20
Разработка оснастки	Объем КД (конструирование)	0,20–0,25
Подготовка производства	Материальные затраты (изготовление оснастки)	0,05–0,10

Трудозатраты являются определяющими факторами на этапах исследований и разработки КД, а материальные затраты – на этапе подготовки производства. По приблизительным значениям объема КД и суммарной массы конструкции оснастки могут быть оценены трудозатраты, общая стоимость соответствующего этапа работ и ориентиро-

вочные сроки выполнения работ при известных или планируемых условиях, необходимые для этого трудовые и материальные ресурсы.

Источником информации для оценки служат сведения о проекте, количественные характеристики его параметров, данные о степени готовности организации к выполнению тех или иных этапов работ. Наличие статистических данных о структуре затрат на работы каждого вида, предусмотренные календарным планом, позволяет оценить стоимость этих работ, не прибегая к составлению калькуляций по статьям расходов.

Математическая точность расчетов при составлении калькуляций, типичная для бухгалтерских документов, как и точное соблюдение утвержденной сметы, при неизбежной неопределенности исходной информации и условий реализации проекта не гарантируют достижения нужного и высокоэффективного результата.

Впрочем, если затраты на выполнение частей проекта уже оценены, то не представляет труда «разбросать» их по статьям расходов согласно требованиям нормативных документов. Однако в тех документах прописано, что калькуляция составляется на весь проект или на его укрупненные этапы по основным, например квартальным или годовым, разделам календарного плана. Так удобно в условиях плановой системы финансирования, особенно из бюджета. Это удовлетворяет и заявителя проекта, поскольку предоставляет ему возможность учесть неопределенность и риски (см. подразд. 4.5) путем завышения стоимости проекта, подгонки ее под минимально допустимые экономические результаты.

Но объединение в одной калькуляции нескольких видов работ затрудняет экспертную оценку обоснованности запрашиваемых средств, которую можно сделать только по видам работ, но не по статьям расходов проекта в целом, включающим разные виды работ в неизвестной пропорции.

Затраты на оценку стоимости проекта должны быть соизмерены со стоимостью всех работ по проекту, а затраты на составление документов проекта должны быть малыми по сравнению со стоимостью самого проекта.

Приближенные оценки затрат на предварительное определение стоимости работ по проекту могут быть получены по аналогии с известными критериями малости величин, применяемыми в технике (см. подразд. 3.4). В технике отклонения считаются малыми, если не превышают 5–10% от рассчитываемой величины. И в метрологии метод измерения считают более точным по сравнению с базовым, если по-

грешность его не превышает 1/3 погрешности базового метода, при этом отношение дисперсий погрешностей составляет ~1/10. Отсюда следует, что затраты на подготовку проекта можно считать небольшими, если они не превышают 5–10% от стоимости планируемых работ. Стоимость оценки проекта соответственно не должна превышать 10% от стоимости разработки. И по продолжительности ориентировочно: если проект рассчитан на 2 года, то его подготовка должна занимать не более месяца, а оценка эффективности – 2–3 дня. Увеличение срока подготовки и выполнения проекта означает возрастание затрат и ведет к снижению эффективности.

3.2. Теоретические исследования в технических науках

Модели, методы, теория. Предметом исследования технических наук служат искусственно созданные объекты – материалы, устройства, машины, сооружения и реализуемые в них или с их помощью процессы.

Наиболее полное представление об объекте, его свойствах, о происходящих в нем или с его участием, присутствием процессах можно получить в том случае, если такой объект уже существует. Однако в большинстве случаев создание технических объектов или их прообразов, по крайней мере, таких, исследование которых представляет научный и практический интерес, обходится слишком дорого. Поэтому прибегают к исследованию с использованием математических или компьютерных моделей. Такие исследования обобщенно называют *теоретическими*.

Задача исследования технических объектов возникает обычно вне самой технической науки, а в сфере экономики, производства как задача создания новой продукции, новой технологии. Мотивом исследования служат невозможность получить техническое решение известными средствами и возникающие при этом противоречия. Анализ причин противоречия, сопоставление фактов приводят к определению цели, исходных данных, условий (ограничений) и предполагаемых результатов исследования и к формулированию научной гипотезы, выбору модели объекта и метода решения задачи.

Опосредованное упрощенное воспроизведение объекта или явления называют моделью. Термин «*модель*» помимо этого имеет также и иные значения – это и уменьшенный или увеличенный представитель

формы изделия, и образец, с которого снимается форма для воспроизведения из другого материала, например, при литье, и образец конструкции (модель автомобиля), и натура для художника. Существует по крайней мере 30 синонимов «модели» и 9 понятий, противопоставляемых модели (Чжаю Юань-Жень).

Моделирование – исследование объектов или явлений на моделях – один из эффективных методов научного исследования, широко применяемый в технических науках.

Математическая модель – система соотношений, уравнений, связывающих величины – параметры объекта или явления, отражающие его свойства. Применение математической модели позволяет свести исследование изучаемого объекта или явления к решению математической задачи.

Компьютерные модели заменяют реальный объект или явление их образами, воспроизводимыми в компьютере с помощью программных средств, операций над числами и средств визуализации.

Метод исследования – совокупность приемов, применяемых для изучения объекта, определения показателей его свойств и состояния. Общая методология научного исследования изучается в *теории научного познания* (см., например, [3, 26]).

Различают философскую, общенаучную и специальную (конкретно-научную) методологию научного познания. К общенаучным относятся логические, математические, кибернетические и иные методы. К специальным в сфере техники относятся, например, методы нахождения технических решений (см. подразд. 3.5).

Различают теоретические и эмпирические, в том числе экспериментальные методы исследования.

В научной методологии широко используются философские категории:

- для характеристики объектов – содержание и форма, явление и сущность, единичное и общее, количество и качество, элемент и система, структура и функция;
- связей между объектами – необходимость и случайность;
- состояния – возможность и действительность, причина и следствие, абстрактное и конкретное;
- характеристики приемов познания – теория и практика, анализ и синтез, дедукция и индукция, от абстрактного к конкретному, системный подход и др.

Изучение этих категорий, как и теория познания в целом, относится к области философии. Специальная методология теоретического

исследования в технических науках относится к области естественных наук – математики, физики, химии, биологии. К сожалению, многие математические методы, пригодные для решения технических задач, выходят за рамки материала, обычно усваиваемого (не входящего в программы математики, а именно усваиваемого) студентами инженерных специальностей. Их изложение в специальных дисциплинах носит обычно рецептурный характер, что затрудняет применение этих методов даже в смежных областях. Хотя, как писал в своих «Философских тетрадях» один известный мыслитель недавнего прошлого, «единство природы проявляется в удивительной схожести дифференциальных уравнений, описывающих различные ее явления».

Применение к исследованию выбранной модели логических и (или) математических методов, закономерностей, известных из естественнонаучных дисциплин, позволяет найти решение поставленной задачи, сформулировать общие закономерности исследуемых свойств, объектов, явлений и в конечном счете построить *теорию*.

В широком смысле ***теория*** (от гр. *theoria* – наблюдение, исследование) – совокупность научных положений как логическое обобщение опыта, общественной практики, отражающее объективные закономерности развития природы, общества, техники; система обобщающих положений в определенной отрасли знаний, составляющая ее основы или содержащая в себе общий принцип каких-либо фактов или явлений.

Анализ свойств какого-либо объекта на основе теоретических положений позволяет выявить особенности его поведения, дает основания для создания объекта с заданными свойствами, т. е. материального воплощения необходимых свойств. «Нет ничего практичнее хорошей теории», – считал тот же известный мыслитель и политик начала прошлого столетия – теоретик и практик.

Один и тот же объект или одно и то же явление могут быть исследованы с использованием разных моделей и методов. Понятно, что и результаты, т. е. практические выводы относительно свойств, особенностей поведения объекта, могут оказаться различными. Выбор и обоснование модели и метода решения конкретной технической задачи относятся к наиболее важным, но практически неформализуемым этапам исследования.

Реальные технические объекты и явления, как и объекты и явления природы, характеризуются сложностью структуры и множественностью связей, определяющих их свойства, состояние и функции. «Жизнь сложнее простых формул и графиков» (С. И. Попель).

Выбор той или иной модели зависит от постановки задачи и в то же время обусловливает применение определенных методов. Важно, чтобы модель по возможности точно отражала свойства исследуемого объекта или явления.

Модель называется *адекватной*, если она вполне соответствует оригиналу. Адекватность модели, т. е. степень ее близости к оригиналу, оценивают по математическим критериям, путем сравнения с результатами эксперимента.

Усложнение модели и метода решения конкретной технической задачи неизбежно уводит в другие отрасли науки, в которых познания инженера уже ограничены. В крупных конструкторских организациях для разработки математических моделей и проведения с их помощью расчетов разрабатываемых материалов, изделий и технологических процессов создаются подразделения, в которых работают специалисты соответствующего профиля. Возникает проблема постановки задачи в таком виде, чтобы она была правильно воспринята на языке специальной отрасли науки. Наибольшего успеха можно ожидать лишь в том случае, когда инженер-разработчик владеет хотя бы основами данной отрасли науки, ее языком.

С другой стороны, выбор модели технических объектов всегда ограничен возможностями решения поставленной задачи доступными математическими средствами.

Различают аналитические и численные методы решения математических задач. Применение аналитических методов, широко распространенных еще в недавнем прошлом, требует введения ограничений на класс решаемых задач. Далеко не любая задача имеет аналитическое решение в конечном виде. Часто решения представлены рядами, сходимость которых должна быть исследована и обеспечена. Современные численные методы позволяют снять многие формальные ограничения.

Разработаны и доступны для инженеров многочисленные пакеты прикладных математических программ – MathCAD, Excel и другие, специальные программные средства, например ANSYS, Moldflow и т. п., пригодные для практических расчетов при решении широкого круга или специфических задач в области техники и экономики. Но и для их применения необходимы специальные знания, позволяющие правильно выбрать модель и метод, поставить задачу расчета и интерпретировать полученный результат. При определении параметров технических объектов никакая компьютерная программа не может застраховать от серьезных, а порой грубых – в несколько порядков – ошибок, а только логика и интуиция – чутье, догадка, предыдущий

а только логика и интуиция – чутье, догадка, предыдущий опыт и здравый смысл. Не зря образно говорят, что инженер думает «животом».

Усложнение математической модели, применение самых современных вычислительных средств еще не гарантируют достижения наилучшего решения. Затраты времени на уточнение параметров и получаемого решения могут оказаться выше получаемой выгоды. При выборе модели и методов решения практических задач полезно помнить финал известной басни про ученого кота: «Пока расчет производился, объект расчета в норке скрылся».

Оценка соотношения между затратами на решение задачи и его результатом является важным аспектом выбора модели. Модель считается *эффективной*, если она приводит к решению поставленной задачи с приемлемыми затратами. Эффективность модели оценивается по технико-экономическим критериям (см. подразд. 4.4).

«Хорошая» модель должна в частных случаях давать результаты решения задачи, аналогичные или сопоставимые с результатами, полученными на основе более простой модели (*принцип соответствия*). Решение простых тестовых задач позволяет сравнить соответствие модели и тем самым если не избежать, то, по крайней мере, снизить возможность грубых ошибок.

Впрочем, в практике «теоретических» исследований встречаются и такие приемы, как «подгонка» модели, подбор подходящих исходных данных, выгодная интерпретация результатов, но оценка «эффективности» таких методов относится уже к области научной этики. Уязвимость теоретического решения для недобросовестных исследователей состоит в том, что в отличие от эксперимента, который всегда уникален, т. е. в точности не может быть воспроизведен, результат расчета можно проверить, выявив явную ошибку или подтасовку.

Статистические модели. Параметры исследуемого объекта или явления могут быть заданы детерминированными (неслучайными) или случайными величинами и функциями, а модели могут быть соответственно *детерминистическими* или *статистическими* (*стохастическими*, *вероятностными*).

Традиционным для программ подготовки инженеров и экономистов является формальное изложение статистических методов, без раскрытия их сущности, а следовательно, и глубинных основ практического применения. Некоторые пояснения по этому вопросу даются в следующем подразделе.

Применение статистических моделей обусловлено тем обстоятельством, что все технические объекты и явления, как, впрочем, и

природные, и общественные, не являются строго детерминированными, а всегда обнаруживают неопределенность, которая проявляется через некоторые отклонения (*флуктуации*) параметров при повторном воспроизведении данного объекта или явления.

Сам факт наличия отклонений или иных проявлений неоднородности объекта еще не дает оснований считать соответствующие величины или функции *случайными* в смысле, который придается случайным величинам и функциям в теории вероятностей.

Теория вероятностей возникла в связи с актуальной задачей получения выигрыша в азартных играх и развивалась на основе потребности решения других актуальных задач практики. Она занимается исследованием случайных событий, величин и функций, которые при определенных условиях могут служить моделями реальных объектов и явлений. Действительно, оценка прочности материалов, отклонений размеров и формы, шероховатости поверхности деталей, надежности конструкций, задание правил приемки продукции, анализ экономических процессов сегодня невозможно представить без применения вероятностного подхода. Но в современном ее варианте, построенном на основе системы аксиом, сформулированных в терминах теории множеств (аксиоматики А. Н. Колмогорова), проблема соответствия эксперименту вообще не обсуждается. «В рамках этой аксиоматики ничего не говорится о том, как узнать, приложима ли вероятностная модель к данному конкретному явлению» (В. Н. Тутубалин). Однако формальное применение вероятностного подхода для исследования реальных объектов и явлений также неприемлемо, когда от применяемой модели зависят технические и, тем более, экономические результаты исследования.

Считается, что теория вероятностей, в принципе, применима для моделей так называемых *массовых явлений*, обладающих свойством *статистической устойчивости*. Это означает, что для обоснованного применения статистических моделей и методов необходимо, чтобы исследуемые объекты и явления были, по крайней мере, мысленно (виртуально) сколь угодно много раз воспроизводимыми в неизменных в целом условиях (принцип массовых явлений), а характеристики этих объектов или явлений при многократном воспроизведении оказывались хотя и различающимися в отдельных опытах или группах опытов, но более или менее близкими (принцип статистической устойчивости). Однако такие предположения для многих технических и экономических объектов и явлений оказываются практически невозможными или ограничительными (слишком «сильными», как говорят математики), а экспериментальная проверка соответствия исследуе-

мого объекта и явления принципу статистической устойчивости – непростой и слишком затратной. В связи с этим возникает проблема обоснования статистической модели и интерпретации получаемых с ее помощью результатов. К сожалению, в большинстве учебников по техническим и экономическим дисциплинам, в методических указаниях по практическому применению статистических методов в технике и экономике этому обстоятельству не уделяется должного внимания. Пониманию сущности не способствует и тот факт, что, как и в давние времена, основным объектом изучения служат случайные события, а не случайные величины, их функции и иные объекты, более типичные для предметной области деятельности будущих специалистов, а в качестве иллюстрации рассматриваются совершенно не типичные для нашего времени примеры бросания монет и костей. Методы теории вероятностей излагаются формально, тогда как чисто формальное применение вероятностных моделей и методов для решения практических задач зачастую оказывается бессмысленным, а иногда приводит к серьезным ошибкам при формулировании выводов.

Объектами изучения в теории вероятностей служат случайное событие, случайная величина, случайная функция, случайное поле (случайная функция нескольких переменных, например координат). Эти объекты задаются вероятностями – мерами подмножеств возможных исходов. Для случайного события его вероятность – единственная характеристика. Функция распределения случайной величины ξ, согласно определению, вероятность того, что эта величина примет значение меньше заданного, $F_\xi(x) = P(\xi < x)$, где x – возможное значение случайной величины ξ. Существование функции распределения считается в теории вероятностей единственным признаком случайной величины. Но в практических задачах это не более чем гипотеза.

Характеристиками случайной величины помимо функции распределения служат также параметры этой функции и вычисляемые с ее помощью так называемые числовые характеристики: математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение и другие величины.

Аргумент функции распределения – *возможное значение* – это не случайная величина. Значения, получаемые в эксперименте, – x_1, x_2, …, x_n, где n – число наблюдений или объем выборки, – *реализации случайной величины*, и это тоже не случайные величины.

Можно сказать, что случайная величина задана на множестве ее реализаций. Всю совокупность возможных значений называют генеральной совокупностью. Генеральная совокупность (множество всех

реализаций случайной величины) может быть множеством счетным (и конечным) – для дискретной случайной величины или несчетным – для непрерывной случайной величины. Однако никаким экспериментом все множество возможных значений непрерывной случайной величины не выявляется – оно гипотетическое.

Функция распределения, как и числовые характеристики случайной величины, которой моделируется параметр объекта или явления, могут быть заданы гипотетически при построении статистических моделей, а в результате эксперимента – лишь приближенно оценены по совокупности реализаций x_i (см. подразд. 3.4). Согласно терминологии известного немецкого философа Э. Канта, для реального (моделируемого) объекта или явления это «*вещи в себе*».

При построении статистической модели для параметров, характеризующих свойства материалов, изделий, иных объектов, ключевое значение имеет выбор функции распределения. Он обусловлен характером исследуемой величины – дискретная или непрерывная – и ее физическим смыслом. Типы распределений, изучаемые в традиционных курсах теории вероятностей для будущих инженеров и экономистов, не дают достаточного простора для выбора.

Нормальное распределение, предлагаемое для изучения как едва ли не всеобщее, действительно применяется довольно широко в различных практических приложениях, но в отдельных случаях его использование может быть ограниченным. Так, при оценке допускаемых отклонений размер деталей считают распределенным по нормальному закону. Нормальное распределение допускает и отрицательные значения, которые не имеют смысла в данном частном случае. Некоторые незадачливые исследователи, чтобы обойти это противоречие, придумывают «логические» обоснования. Так, некий исследователь, применивший для распределения диаметров стволов деревьев нормальный закон, интерпретировал отрицательные значения как диаметры стволов высохших деревьев.

Известный специалист в области математической статистики Г. Крамер писал: «Существует известное замечание Липмана, цитируемое Пуанкаре, гласящее, что “каждый уверен в справедливости закона ошибок, экспериментаторы – потому, что они думают, что это математическая теорема, математики – потому, что они думают, что это экспериментальный факт”». Стоит отметить, что обе стороны совершенно правы, если только это их убеждение не слишком безусловно: математическое доказательство говорит нам, что при некоторых ограничительных условиях мы вправе ожидать нормального распре-

деления, а статистический опыт показывает, что в действительности распределения являются часто приближенно нормальными».

Действительно, в теории вероятностей доказываются так называемые предельные теоремы (Линдеберга – Леви, Ляпунова и др.), согласно которым закон распределения суммы независимых случайных величин стремится к нормальному при любом законе распределения слагаемых, если только вклад каждой величины не является превалирующим. Поэтому, например, для размеров деталей, получаемых механической обработкой, можно ожидать распределение, близкое к нормальному, поскольку на размер влияют многочисленные и в общем-то независимые факторы.

Известны и иные обоснования для законов распределения некоторых физических величин. Так, закон распределения Вейбулла для прочности хрупкого материала выводится из гипотезы «слабого звена», т. е. как следствие наличия в материале опасного дефекта, имеющего статистическую природу. Для диаметров и длины волокон, получаемых вытягиванием из расплава, для показателей долговечности конструкций, для размеров осколков снаряда и многих других величин пригоден логарифмически нормальный закон, вытекающий из так называемой схемы Кэптейна, согласно которой случайное приращение параметра пропорционально его текущему (тоже случайному) значению.

Для описания различных экономических процессов, а также динамики развития параметров научно-технических объектов часто используют логистические кривые вида

$$p = a[1 + \exp[-ab(t - t_{\text{o}})]^{-1},$$

где p – исследуемый параметр; a – коэффициент масштаба; b – параметр крутизны подъема; t_{o} – смещение середины кривой; t – время.

В частности, варьируя параметры a, b и t_{o}, получают семейство кривых, которые выражают циклические процессы развития тех или иных видов техники, сопровождающиеся сменой принципиальных технических решений, физических основ, определяющих сущность поколений техники и технологий (рис. 3.3).

В результате нормирования (при $a = 1$) функция $p(t)$ вырождается в функцию логистического распределения некоторой случайной величины θ, т. е. $p(t) = F_{\theta}(t) = P(\theta < t)$. При этом полученная функция практически совпадает с функцией нормального распределения с параметрами (t_{o}, s), в которой среднее квадратическое отклонение s однозначно выражается через параметр b (рис. 3.4).

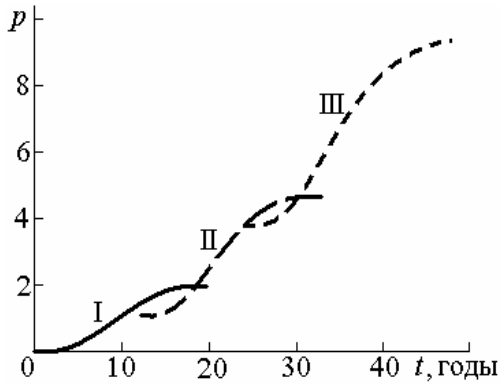


Рис. 3.3. Динамика изменения параметра *p*. I – III – поколения техники

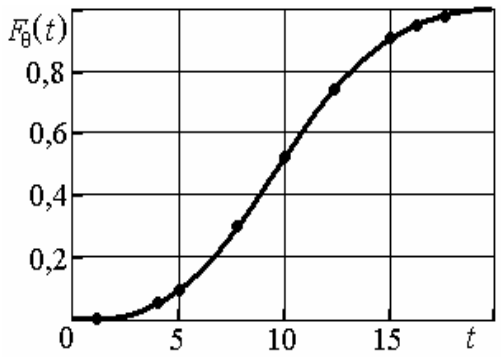


Рис. 3.4. Функции логистического (линия) и нормального (точки) распределений

Существуют формальные приемы, позволяющие по экспериментальным данным подобрать (подогнать) подходящее распределение, например, в виде «кривых Пирсона». Практическая ценность такой подгонки всегда сомнительна. От вида распределения наиболее существенно зависят его крайние области, так называемые «хвосты». Но именно «хвосты» обычно представляют наибольший практический интерес при оценке границ и вероятностей отклонений параметров, в частности допускаемых значений показателей качества при установлении правил приемки продукции.

Оптимизация. В технических науках при разработке конструкций изделий и технологических процессов часто стремятся к так называемым *оптимальным решениям*. Понятие «*оптимум*» (от лат. *optimus* – наилучший) введено Лейбницем – основателем дифференциального исчисления. От того же корня происходит и слово «*оптимист*», т. е. рассчитывающий на лучший исход. *Оптимальное решение – это лучшее*, а не предпочтительное, которое лишь «настолько хорошее, насколько возможно».

В качестве оптимизируемых параметров объекта могут служить любые показатели качества изделия (см. табл. 3.1), любые параметры материала или технологического процесса. Они должны иметь четкий физический смысл, однозначно характеризовать наиболее важные свойства исследуемого объекта или явления, поддаваться измерениям с достаточной точностью.

Зависимость параметров оптимизации от других показателей свойств объекта, от факторов, характеризующих управляющие воздействия, влияние внешней среды и т. п., называется *целевой функцией*. Условие достижения экстремума целевой функции – критерий опти-

мизации. Это условие ищут при неизбежных ограничениях как параметров оптимизации, так и аргументов целевой функции.

В области экстремума относительные приращения целевой функции сколь угодно малы по сравнению с относительными приращениями аргументов. Поэтому оптимум, получаемый расчетом на основе некоторой модели, всегда условен, поскольку зависит от выбора целевой функции, точности задания ее параметров, ограничений. Его можно сравнить с точным попаданием в цель при стрельбе с завязанными глазами.

Поиск оптимального конструктивного решения изделия начинается на стадии проектирования, еще при формировании образа вновь создаваемого технического объекта, а конкретное воплощение это решение получает в КД. Нельзя сказать, что конструктивное решение оптимальное, если оно единственное. Лучшее решение (но еще не оптимальное) можно выбрать только из нескольких возможных. Поэтому разработка аванпроекта (от фр. *avant* – перед), технического предложения, других ранних стадий конструкторского или технологического проекта предусматривает проработку и оценку различных вариантов конструктивного исполнения изделия или технологических процессов.

Расчеты. Термин «*расчеты*» применяется для обозначения одного из видов работ, выполняемых при предпроектных исследованиях и (или) разработке проекта, и одного из видов текстовых документов ЕСКД, в котором содержатся результаты этих работ.

Расчеты при разработке КД включают, в частности, определение технических параметров и технико-экономических характеристик изделия, параметров взаимодействия его функциональных частей и их элементов (ГОСТ 2.106–96).

Каждый расчет начинается с четкого определения цели и постановки задачи расчета. Он содержит выбор и обоснование модели и метода (см. выше), задание исходных данных, собственно вычислительные процедуры, выполняемые, как правило, с использованием средств вычислительной техники (а потому в состав работ включается и составление программы, необходимой для данного вида расчета и иллюстрации его результатов), оформление и анализ результатов, формулировку выводов.

Применение стандартных программных средств и специальных пакетов программ также должно быть обосновано применительно к задаче расчета.

Расчеты как вид текстовых документов ЕСКД оформляются согласно ГОСТ 2.106–96 и содержат эскиз или схему, дающие четкое представление о рассчитываемом изделии; задачу расчета (с указани-

ем, что требуется определить при расчете); исходные данные для расчета; условия расчета; расчет; заключение. В этом случае расчеты могут быть представлены в виде отдельного документа (или нескольких документов по каждому виду расчета) или в виде раздела пояснительной записки к соответствующему проекту.

3.3. Экспериментальные исследования и испытания

Основные понятия. ***Эксперимент*** в широком смысле – это метод научного познания, в котором присутствует материальный объект – сам изучаемый объект или его представитель (модель).

Понятие эксперимент включает *наблюдение* за объектом (его восприятие, в том числе с использованием технических средств) и *измерение* – определение с помощью специальных технических средств значений физических величин, характеризующих свойства и состояние данного объекта. Наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности называется *метрологией*. Здесь и ниже термины и их определения приведены преимущественно в соответствии с рекомендациями [53] (взамен ГОСТ 16263–70). Отметим также, что термин «*наблюдение*» в метрологии используют в несколько ином смысле, чем в теории познания.

Измерения играют исключительно важную роль в науке. «Наука начинается там, где начинают измерять. Точная наука немыслима без меры» (Д. И. Менделеев).

Не менее важное значение имеют измерения в инновационной, в производственной и экономической деятельности.

Одним из этапов разработки новой продукции и новой технологии является ***испытание*** – экспериментальное определение (оценивание, контроль) количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта как результат воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействия (ГОСТ 16504–81).

Измерения дают количественную характеристику показателей качества продукции, параметров и оценку степени совершенства производственного процесса, а результаты измерений в этих случаях приобретают экономическое и юридическое значение, поэтому государство законодательно регулирует вопросы обеспечения единства измерений. В табл. 3.4 приведены установленные Законом «Об обеспече-

нии единства измерений» [40] определения основных понятий, относящихся к данной сфере.

Таблица 3.4

Основные понятия законодательной метрологии [40]

Термин	Определение
Сфера законодательной метрологии	Установленные законодательными актами сферы деятельности, в которых в целях обеспечения единства измерений осуществляются государственное регулирование и управление, а также государственный метрологический надзор
Государственный метрологический надзор	Деятельность по проверке соблюдения требований законодательства об обеспечении единства измерений
Измерение	Совокупность операций, выполняемых для определения значения величины
Единство измерений	Состояние измерений, при котором их результаты выражены в единицах измерений, допущенных к применению, и точность измерений находится в установленных границах с заданной вероятностью
Обеспечение единства измерений	Деятельность, направленная на достижение и поддержание единства измерений в соответствии с требованиями законодательства об обеспечении единства измерений
Единица измерения	Величина, условно принятая за единицу, с которой сравниваются другие однородные величины для выражения их количественного значения по отношению к этой величине
Средство измерений	Техническое средство, предназначенное для измерений, воспроизводящее и (или) хранящее единицу измерения, а также кратные либо дольные значения единицы измерения, имеющее метрологические характеристики, значения которых принимаются неизменными в течение определенного времени
Методика выполнения измерений	Совокупность правил и процедур выполнения измерений, которые обеспечивают получение результатов измерений, точность которых находится в установленных границах с заданной вероятностью

К принципам обеспечения единства измерений относятся:

- приоритетное применение Международной системы единиц;
- применение национальных эталонов единиц величин;
- воспроизведение размеров единиц величин национальными и (или) международными эталонами;
- доступность информации об обеспечении единства измерений;
- гармонизация национальных и международных требований в области обеспечения единства измерений.

Основные единицы Международной системы единиц (табл. 3.5) определены ГОСТ 8.417–2002. Наряду с основными единицами на практике широко используют производные единицы, связанные с основными единицами уравнениями, а также кратные и дольные и некоторые внесистемные единицы.

Многие производные единицы имеют собственное наименование: герц, ньютон, джоуль, паскаль и др. Они связаны с основными единицами в соответствии с уравнением *размерности*, вытекающим из связи соответствующих физических величин. Например, из формулы для работы A силы тяжести $F = mg$ (m – масса тела; g – ускорение силы тяжести) при перемещении тела на высоту h и для изменения при этом потенциальной энергии тела следуют уравнение размерности энергии и работы: $\dim A = L^2MT^{-2}$ (здесь dim – сокращенное *dimension* – размерность) и выражение для единицы работы и энергии как производной от основных единиц: Дж = Н·м или Дж = $м^2 \cdot кг \cdot с^{-2}$.

В числе грубых ошибок, которые допускают не только студенты, – путаница в понятиях единиц величин и их размерностей.

Анализ размерностей позволяет проверить правильность результатов расчета или эксперимента, получаемых из формул, связывающих исходные или измеряемые величины.

Таблица 3.5

Основные единицы Международной системы единиц

Величина	Размерность	Единица	
		Наименование	Обозначение
Длина	L	метр	м
Масса	M	килограмм	кг
Время	T	секунда	с
Сила электрического тока	I	ампер	А
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	К
Сила света	J	кандела	кд
Количество вещества	N	моль	моль

Размеры единиц основных и некоторых производных величин, воспроизводимые эталонами, передают образцовым и далее рабочим средствам измерений по утвержденным поверочным схемам.

Таким образом, в метрологии такие привычные и на первый взгляд идентичные понятия, как *исследование* и *испытание*, *эксперимент* и *измерение*, *опыт* и *наблюдение*, *единица физической величины* и *размерность*, рассматриваются совсем не как синонимы. Неверное

применение этих терминов приводит к искажению смысла и неверному пониманию результатов исследований и испытаний.

Измерения. Подлежащая измерению ***физическая величина*** определена в метрологии как одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Количественное содержание свойства физического объекта характеризуется *размером физической величины* и ее *значением* в виде некоторого числа принятых для нее единиц. Если Q – значение физической величины, $[Q]$ – ее единица, то $Q = q\,[Q]$, где q – числовое значение физической величины.

Истинное значение физической величины – значение, идеально отражающее свойство объекта как в качественном, так и в количественном отношении.

Два постулата определяют сущность измерения:

- истинное значение физической величины существует;
- истинное значение не может быть найдено экспериментально.

Согласно терминологии Э. Канта, истинное значение физической величины – это тоже «*вещь в себе*».

Результат измерения – значение величины, полученное путем ее измерения, т. е. приближенная оценка истинного значения физической величины, найденная экспериментальным путем. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины – *погрешность измерения*: $\Delta = x - Q$, где x – результат измерения. Как и истинное значение, погрешность измерения – тоже «*вещь в себе*». Приведенные выше понятия иллюстрирует рис. 3.5.

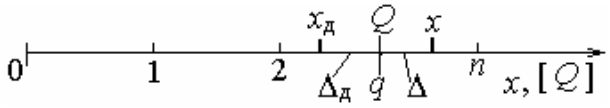


Рис. 3.5. Истинное значение
и результаты измерений физической величины

Значение, найденное из эксперимента и настолько близкое к истинному, что для данных целей оно может быть принято вместо истинного, называют *действительным* значением ($x_д$ на рис. 3.5).

Измерение может быть однократным или многократным – совокупностью ряда повторяющихся процедур, выполненных в одних и тех же условиях (по ГОСТ 8.207–76 – измерением с многократными наблюдениями), или совокупностью процедур, выпол-

ненных в разных условиях, но над одним и тем же или аналогичным объектом.

Различают *систематическую погрешность* измерений, остающуюся постоянной или закономерно изменяющуюся при повторных измерениях, и *случайную погрешность*, принимающую разные значения при повторных измерениях одной и той же величины.

Необходимо отметить некоторую условность такого разделения погрешности измерений. Во-первых, чтобы считать одну из составляющих погрешности случайной величиной, необходимо, чтобы выполнялись условия, указанные в подразд. 3.2 в связи с характеристикой случайных явлений, служащих предметом исследования в теории вероятностей. Во-вторых, систематическая погрешность на множестве вариантов условий измерений также может рассматриваться как случайная величина, что и предполагается при оценке ее возможных границ.

Отклонения результатов, фиксируемые в экспериментах, представляющих собой многократные процедуры, могут относиться к разным объектам, например к разным образцам материала или изделий, пусть даже принадлежащим к одной партии. Эти отклонения содержат уже не две, а, по крайней мере, три составляющие – помимо систематической и случайной погрешностей еще и составляющую, обусловленную неоднородностью исследуемого объекта, поэтому такие отклонения не могут отождествляться с погрешностями измерений. При этом третья составляющая может оказаться соизмеримой или даже значительно больше обеих составляющих погрешности.

С учетом изложенного на множестве возможных процедур измерения параметра неоднородного объекта результат измерения в общем случае может быть представлен в виде суммы:

$$\xi' = a + \Delta\xi + \theta + \zeta,$$

где $a = \langle\xi\rangle$ – математическое ожидание случайной величины ξ, являющейся моделью исследуемого параметра ($\langle\ldots\rangle$ – здесь и далее знак оператора математического ожидания случайной величины); $\Delta\xi$ – флуктуация (случайное отклонение величины ξ от ее математического ожидания); θ – систематическая погрешность измерения; ζ – случайная погрешность измерения.

Предполагается, что систематическая погрешность θ задана на множестве реализаций объектов и, соответственно, реализаций условий измерения, поэтому является случайной величиной. В конкретном опыте (при однократном измерении), проводимом при некоторых фиксированных условиях, она принимает фиксированное значение,

которое является реализацией случайной величины θ, допустим, t_1, т. е. уже не случайной величиной.

Истинное значение исследуемого параметра как случайной величины равно $\xi = <\xi> + \Delta\xi$, погрешность измерения $\Delta = \theta + \zeta$.

Дисперсии случайной величины ξ и погрешности ее измерения Δ равны соответственно $D_\xi = <\Delta\xi^2>$ и $D_\Delta = D_\theta + D_\zeta$, а $<\Delta> = <\theta>$, поскольку систематические θ и случайные ζ погрешности, заданные на разных множествах реализации условий эксперимента, можно считать статистически независимыми, а математическое ожидание случайной погрешности ζ – равным нулю.

При фиксированных в целом условиях эксперимента, когда систематическая погрешность – известная детерминированная величина, $D_\Delta \equiv D_\zeta = <\zeta^2>$, поскольку в этом случае разброс, обусловленный изменением основных условий эксперимента, приводящих в разным значениям систематической составляющей погрешности, отсутствует.

Условие малости погрешности измерений по сравнению с неоднородностью объекта задается соотношением дисперсий: $D_\Delta << D_\xi$. Полагая, как это принято в технике, что величина мала по сравнению с другой, если меньше ее, по крайней мере, на порядок, то условие малости погрешности запишется как $D_\Delta \le 0{,}1\ D_\xi$ или для средних квадратических отклонений $s_\Delta \le 1/3\ s_\xi$ ($s_\Delta = \sqrt{D_\Delta}$; $s_\xi = \sqrt{D_\xi}$).

Для характеристики качества измерений используют следующие понятия [53]:

- *точность* – характеристика качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения;
- *сходимость* – близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных одними и теми же средствами, одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью;
- *воспроизводимость* – близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разнее время, но приведенным к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению, влажности и другим).

Условность приведенного здесь понятия точности измерений следует из того факта, что погрешности измерений определены по отношению к истинному значению, а потому, как и истинное значение физической величины, являются «вещью в себе». Чтобы получить информацию о точности измерений, объектом измерения должна служить *мера* – носитель физической величины заданного размера. К та-

ким носителям относятся концевые меры длины, образцовые гири, стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов и др.

Далее следует обратить внимание и на существенное различие понятий *сходимость* и *воспроизводимость*. Если производятся измерения одним методом, одними средствами и в одинаковых условиях, то речь может идти о сходимости результатов. Такие измерения, выполненные многократно, дают информацию о случайной погрешности. Понятие воспроизводимости относится к измерениям, выполняемым разными средствами и методами, в разных условиях, но с одним и тем же объектом.

В зависимости от точности различают измерения с максимально возможной точностью (при сличении образцовых средств с эталонами), с приближенным оцениванием погрешностей и технические – измерения, о погрешности которых известно, что она не превышает установленный уровень.

Принцип измерений – физические явление или эффект, положенные в основу измерений.

Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

По способу нахождения значений физической величины различают *прямые* (значение находят непосредственно из опыта), *косвенные* (вычисляют по известной функциональной зависимости с другими величинами), *совокупные* (из системы уравнений, связывающих одноименные величины). Примеры прямых измерений: определение массы изделия взвешиванием, длины – линейкой, диаметра вала – штангенциркулем и т. п. К косвенным измерениям относится, например, определение разрушающего напряжения путем деления измеренного значения разрушающей нагрузки на площадь сечения образца, вычисленную по размерам сечения.

В любом случае для нахождения результата измерения используют некоторую модель объекта. Например, при прямых измерениях диаметра вала штангенциркулем предполагается, что вал – цилиндрический.

Различают погрешности, обусловленные несовершенством метода измерений и изменением условий измерения. Несоответствие объекта выбранной модели – это также одна из составляющих погрешностей метода измерения. Другие источники погрешностей связаны со средствами измерений, действиями оператора, воздействием внешней среды на объект и средства измерений (рис. 3.6).

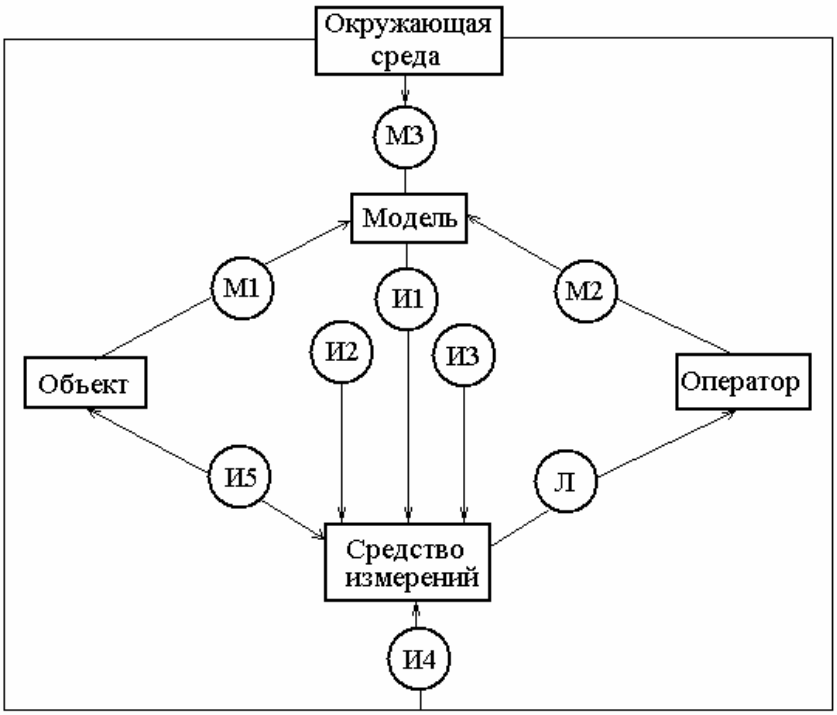


Рис. 3.6. Источники погрешностей измерений
(см. пояснения в тексте)

На рисунке обозначены: М1 – погрешности метода, обусловленные неточностью модели; М2 – погрешности метода, обусловленные приближенным решением уравнений, задающих модель объекта; М3 – неточным учетом влияния параметров внешней среды; И1 – инструментальные погрешности, обусловленные неточностью расчетной схемы, реализованной в приборе; И2 – неточностью изготовления средств измерения; И3 – отклонениями параметров источника питания; И4 – отклонениями параметров внешней среды от номинальных значений; И5 – импедансом – влиянием средства измерения на объект; Л – субъективные («личные») погрешности, обусловленные неточными действиями оператора при выполнении измерений.

Следующие приемы способствуют повышению точности измерений:

- обнаружение погрешностей (путем замены объекта, в частности мерой, оператора, средств измерений, например, применение образцовых средств измерений);
- установление зависимости от размера величины, параметров внешних воздействий;
- введение поправок, устраняющих известные составляющие погрешностей;

• применение нормальных условий и специальных методов измерения (нулевого, дифференциального, замещения и т. п.);

• регулировка средств измерений (компенсация отклонений);

• *калибровка* – определение соотношения между значением величины, полученным с помощью средства измерений, и значением, воспроизводимым эталоном;

• *градуировка* – установление зависимости значений на входе и выходе средства измерения в виде формулы, графика или таблицы;

• оценивание неисключенных составляющих погрешностей;

• *поверка* стандартизованных средств измерений, метрологическая аттестация методик выполнения измерений и нестандартизованных средств измерений.

Нормальные условия для линейных измерений, регламентированные ГОСТ 8.050–73: температура 20°С; давление 101324,72 Па (760 мм рт. ст.); относительная влажность 58%; ускорение силы тяжести 9,8 м/с^2; движение внешней среды и внешние силы (помимо силы тяжести) отсутствуют.

К распространенным терминологическим ошибкам относится путаница в применении понятий *калибровка* и *градуировка* средств измерений. Если при калибровке устанавливают соответствие значений, показываемых данным средством измерения, значениям, воспроизводимым эталоном, то при градуировке находят зависимость между измеряемой величиной и показаниями прибора или выходным сигналом измерительного преобразователя, строят *градуировочную характеристику*.

Методика выполнения измерений. Задача измерений может состоять в установлении значения физической величины, влияния на нее различных факторов, зависимости между величинами – она формулируется в программе эксперимента (измерений).

Методика выполнения измерений согласно определению (см. табл. 3.3) должна обеспечивать получение результатов измерений, точность которых находится в установленных границах с заданной вероятностью.

Нормативный документ, излагающий методику выполнения измерений, должен содержать следующие сведения: метод измерения; средства измерений; правила подготовки и проведения измерений, обработки и представления их результатов.

Методы измерений классифицируют по физическим явлениям, лежащим в основе измерений (принципам измерений), по кратности наблюдений, способу получения результата и другим признакам. Некоторые из них обсуждались выше.

В современной практике исследования технических объектов все более широко используют косвенные методы, основанные на различных физических явлениях – электрических, магнитных, оптических, волновых, в том числе на атомно-молекулярном уровне. Здесь принципиальное значение имеет соответствие объекта его модели, а также задание таких условий воздействия на него, при которых измеряемый параметр определяется с требуемой точностью. Эти обстоятельства должны быть четко оговорены в методике.

К средствам измерений относятся меры, измерительные преобразователи, датчики, измерительные приборы и машины, измерительно-вычислительные комплексы. Метрологические характеристики средств измерений нормируются и подтверждаются путем поверки или метрологической аттестации.

Выбор средств измерений производится с учетом возможности и условий создания необходимого измерительного воздействия, диапазона и погрешности измерений, порога чувствительности, градуировочной и других метрологических характеристик (рис. 3.7).

Выходной сигнал измерительного прибора проградуирован в единицах измеряемой величины, а выходной сигнал измерительного преобразователя задан в единицах величины, отличающейся от измеряемой. Например, выходной сигнал тензорезисторного преобразователя перемещения может быть получен в единицах электрического напряжения.

Если характеристика преобразователя линейная, то выходной сигнал задан уравнением $y = k\,(x - x_0)$, где k – коэффициент преобразования, или чувствительность; x_0 – порог чувствительности.

Погрешности средств измерений – основные, определяемые при нормальных условиях, и дополнительные, обусловленные отклонением влияющих величин от нормальных значений, – задают в нормативных документах на эти средства. Они могут быть абсолютными, выраженными в единицах измеряемой физический величины (см. Δx на рис. 3.7), относительными (отнесенными к значению x измеряемой величины – $\delta = \Delta x/x$) или приведенными (отнесенными к нормирующему значению x_N, в частности к диапазону измерений или некоторой его точке – $\gamma = \Delta x/x_N$).



Рис. 3.7. Характеристики средства измерения

Обобщенной характеристикой погрешности средств измерений служит класс точности. Он может быть задан значением относительной основной погрешности, выраженной в процентах, например, (0,2); значением приведенной основной – 0,4 или 0,2/0,1 – приведенной основной (числитель) и дополнительной (знаменатель) составляющих погрешности.

Погрешности средств измерений являются только одной из составляющих погрешности измерений (инструментальной согласно рис. 3.6). Погрешность измерений включает и другие компоненты, поэтому она оказывается, как правило, значительно больше инструментальной составляющей.

С целью установления соответствия методик выполнения и средств измерений требованиям нормативных документов, а также их назначению проводят метрологический контроль или метрологическую аттестацию. Порядок проведения этих операций регламентируется нормативными документами, в том числе и государственными стандартами.

Для получения объективной характеристики свойств материалов, параметров изделий, других объектов, в частности различных видов продукции, важное значение имеют технология изготовления образцов, объем выборки и правило отбора проб (см. подразд. 3.4), способ проведения и обработки результатов испытаний. В связи с этим требования к данным компонентам методики должны быть достаточно четко изложены в нормативном документе и строго соблюдаться при проведении измерений. В противном случае не могут быть обеспечены основные требования к качеству измерений – точность, сходимость и воспроизводимость.

Формирование выборки (отбор проб). Под выборкой здесь следует понимать совокупность испытываемых объектов, а также совокупность получаемых в результате эксперимента реализаций некоторой случайной величины, моделирующей изучаемый или контролируемый показатель свойств материала или иной параметр объекта.

Случайная величина – модель исследуемого объекта (его параметра) задана на множестве возможных значений и удовлетворяет требованиям к массовым явлениям и статистической устойчивости. Следовательно, не любая совокупность результатов измерений x_1, x_2, …, x_n может считаться репрезентативной (представительной) выборкой. «Мы говорим, что выборку образуют результаты нескольких независимых измерений, проводимых в одинаковых условиях. Однако если мы контролируем все условия опыта, то у нас будет получаться

одно и то же число (не будет никакой неопределенности), а если мы контролируем не все условия опыта, то откуда мы знаем, что они остаются неизменными?» (В. Н. Тутубалин).

Способ формирования (или извлечения) выборки зависит от состава множества, которое характеризует объект. Это обусловливает необходимость четкого ограничения данного множества еще до начала эксперимента. Правила формирования выборки должны быть изложены в программе и методике испытаний.

Важным обстоятельством является то, что и сам исследуемый объект в большинстве случаев обладает некоторой неоднородностью. Отождествление разброса значений, полученных в эксперименте, со случайной погрешностью измерений (см. термины «*рассеяние результатов*» и «*неопределенность измерений*» [53]), как и пренебрежение без достаточных оснований погрешностями путем приписывания разбросу только одной причины – неоднородности объекта, было бы серьезной ошибкой.

Разделить отклонения измеренных значений параметров, обусловленные неоднородностью объекта и погрешностью измерений (флуктуациями других условий измерений), – одна из задач обработки результатов эксперимента. Наиболее просто решается эта задача в том случае, когда погрешности измерений малы по сравнению с отклонениями измеряемой величины, обусловленными неоднородностью объекта. Тогда причиной наблюдаемых отклонений можно считать неоднородность объекта. Если погрешности измерений не малы по сравнению с отклонениями, обусловленными неоднородностью объекта, то они должны быть предварительно оценены. Чтобы избежать этой операции в каждой серии экспериментов, предпочитают первый вариант.

Далее, чтобы выводы из результатов измерений были конкретными, исследуемое множество объектов должно быть достаточно однородным и специфицированным, с достаточно четко определенными составом, границами и принципом принадлежности.

При испытаниях материалов или изделий промышленного производства образцы выбирают из партии. Партией считают количество материала или изделий, полученных в одинаковых или, по крайней мере, вполне стабильных условиях, зафиксированных в нормативном документе и контролируемых установленным образом.

Сложнее задача формирования выборки при исследовании новых продуктов, являющихся предметом разработки и имеющихся в ограниченном количестве. Но и при этом основные условия – состав, гео-

метрия, технологические режимы и т. п. – должны быть достаточно четко регламентированы и проконтролированы, чтобы гарантировать относительную однородность исследуемого продукта. Иначе говоря, выборка должна быть *репрезентативной*.

Иногда при формировании выборки используют операцию рандомизации (случайного выбора). Это можно сделать путем генерирования выборки случайных чисел с помощью стандартных ПЭВМ, например пакета MathCAD, путем формирования выборки из реализаций координат точек, равномерно распределенных в некотором промежутке, на плоскости или в пространстве. Однако рандомизация неизбежно ведет к потере информации об индивидуальных особенностях элементов выборки.

Ниже показано, что объем выборки может быть приближенно рассчитан по коэффициенту вариации исследуемого параметра и желаемой точности оценки среднего арифметического значения случайной величины, моделирующей этот параметр.

Обработка результатов измерений. Под обработкой результатов измерений подразумевается совокупность процедур со значениями, полученными экспериментально, вплоть до формулирования конечного вывода. Эти процедуры зависят от поставленной задачи и применяемой методики.

ГОСТ 8.207–76 (см. также СТБ ISO 2602–2008) предусматривает следующий порядок обработки результатов прямых измерений с многократными наблюдениями:

- исключить известные систематические погрешности;
- отбросить значения, полученные при заведомо отличающихся условиях;
- вычислить среднее арифметическое значение полученной выборки;
- вычислить несмещенную оценку среднего квадратического отклонения выборки;
- проверить принадлежность к данной выборке наиболее отличающихся (крайних) значений;
- после отбрасывания крайних значений, не удовлетворяющих критерию принадлежности к выборке, вычислить среднее арифметическое значение и среднее квадратическое отклонение среднего;
- проверить соответствие распределения величины, для которой построена выборка, нормальному закону;
- найти доверительные границы для среднего арифметического выборки;

• принять в качестве результата измерения оценку среднего арифметического значения и доверительную границу для оставшейся выборки, указать границу неисключенной систематической погрешности измерений.

Многие процедуры обработки результатов измерений согласно указанному порядку содержатся в прикладных программах. Однако формальное их применение не имеет смысла и даже может быть причиной серьезных ошибок в окончательных выводах.

В терминах математической статистики изложенный выше порядок обработки результатов измерений сводится к оценке математического ожидания исследуемой случайной величины. Случайная величина – это модель объекта. Принципиальное значение имеет вопрос, к какому объекту (каким объектам) относится данная модель. Возможные варианты:

1) все наблюдения относятся к одному объекту;

2) наблюдения относятся к разным объектам, выбранным из одной и достаточно однородной совокупности;

3) наблюдения относятся к объектам, выбранным из различных совокупностей, но часть наблюдений выполнена над одним и тем же объектом (рис. 3.8).

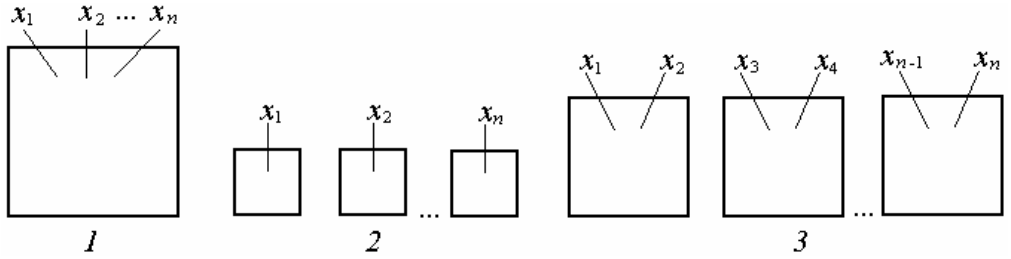


Рис. 3.8. Варианты прямых измерений с многократными наблюдениями

Хотя во всех этих случаях выполнено одно и то же число наблюдений и получено n значений: x_1, x_2, …, x_n, но результаты относятся к разным объектам.

В первом варианте выборка содержит результат измерений, отягощенный только случайными погрешностями. Этот случай пригоден для оценки дисперсии случайных погрешностей, т. е. для исследования сходимости измерений, но не дает информации о показателях неоднородности самого объекта.

Во втором случае значения выборки содержат как погрешности, так и отклонения, обусловленные неоднородностью объекта, но разделить эти две причины флуктуации результата невозможно. Однако

можно, вычислив по результатам первого варианта дисперсию случайной погрешности D_ζ, найти дисперсию, характеризующую неоднородность объекта $D_\xi = D_{\xi'} - D_\zeta$.

Распределение неисключенных составляющих систематической погрешности, обусловленных отклонениями тех или иных условий эксперимента, часто принимают равномерным в некотором диапазоне $t_\theta = t'' - t'$, где t' и t'' – нижняя и верхняя границы этого диапазона (рис. 3.9). Тогда среднее значение погрешности $\bar{\theta} = (t' + t'') / 2$, дисперсия $D_\theta = t_\theta^2/12$, а среднее квадратическое отклонение $s_\theta = t_\theta / 2\sqrt{3}$.

Границы систематических погрешностей оценивают путем сложения границ составляющих $t_{\theta i}$, заданных на множестве условий эксперимента: $t_\theta = k_\theta \sqrt{\sum_i t_{\theta i}^2}$, где коэффициент k_θ зависит от принятого уровня вероятности при определении границ.

В основе формулы суммирования составляющих систематической погрешности – предположение о случайном их характере и статистической независимости. Это позволяет определить дисперсию суммы как сумму дисперсий слагаемых. С другой стороны, границы погрешностей как случайных величин выражаются через среднее квадратическое отклонение, умноженное на коэффициент, зависящий от закона распределения и заданной вероятности принадлежности интервалу, заключенному в этих границах.

В серии наблюдений над разными объектами многие систематические составляющие погрешностей также проявляются как случайные величины, т. е. они неотделимы от случайных составляющих. Дисперсия результатов наблюдений, оцениваемая по выборке, может рассматриваться как дисперсия суммы независимых случайных величин – измеряемого показателя и погрешности измерения. В этом случае принятую методику и применяемые средства измерений можно считать приемлемыми, если среднее квадратическое отклонение погрешности измерений составляет не более трети от среднего квадратического отклонения результатов наблюдений. Тогда доля погрешности в дисперсии не превышает 0,1, и ею можно пренебречь. Дисперсия результатов наблюдений в этом случае практически совпадает с дисперсией опреде-

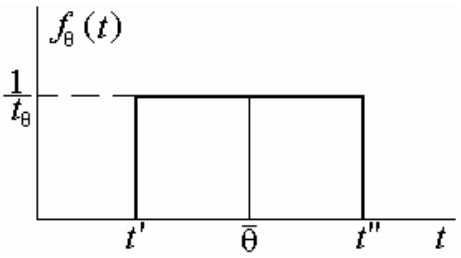


Рис. 3.9. Плотность равномерного распределения систематической погрешности измерений

ляемого показателя и отражает только его неоднородность в контролируемой партии.

В третьем варианте значение выборки также содержит совместно случайные погрешности и отклонения объекта, но разные в группах значений. Задача разделения составляющих отклонений здесь усложняется. При некоторых дополнительных условиях на основе дисперсионного анализа возможно заключение о несущественности одного из факторов.

Таким образом, прежде чем применять к выборке формальные вычислительные процедуры, следует получить оценку дисперсии случайной погрешности измерений и усовершенствовать методику таким образом, чтобы дисперсия случайной погрешности измерений D_ζ оказалась малой по сравнению с дисперсией D_ξ, характеризующей неоднородность исследуемого объекта.

Испытания. Испытания (контроль) проводят на разных стадиях жизненного цикла продукции – в процессе разработки и постановки на производство, в процессе производства, при эксплуатации или использовании (рис. 3.10).

Объектом испытаний на стадии НИОКР служат макеты или модели (но не математические или компьютерные, а материальные), опытные образцы или партии продукции, на стадиях производства – образцы исходных материалов и комплектующих, образцы продукции (материалы, изделия).

Задачи испытаний – получение количественных или качественных характеристик свойств продукции, процесса ее производства; установление соответствия характеристик заданным требованиям.

К условиям испытаний – реальным или моделируемым – относится совокупность воздействующих на объект факторов (внутренних и внешних) и (или) режимов функционирования объекта.

Необходимые условия испытаний создают с помощью средств испытаний – технических устройств, веществ и (или) материалов. Средства испытаний могут включать испытательное оборудование, вспомогательные устройства и средства измерений.

Методы испытаний – измерение, экспертный, органолептический (с помощью органов чувств), сравнение с образцом (мерой), диагностика.

Задачи испытаний, условия проведения и получаемые результаты излагаются в *программе и методике испытаний*, входящей в состав текстовых документов ЕСКД и разрабатываемой согласно ГОСТ 2.106–96 (приложение 5).

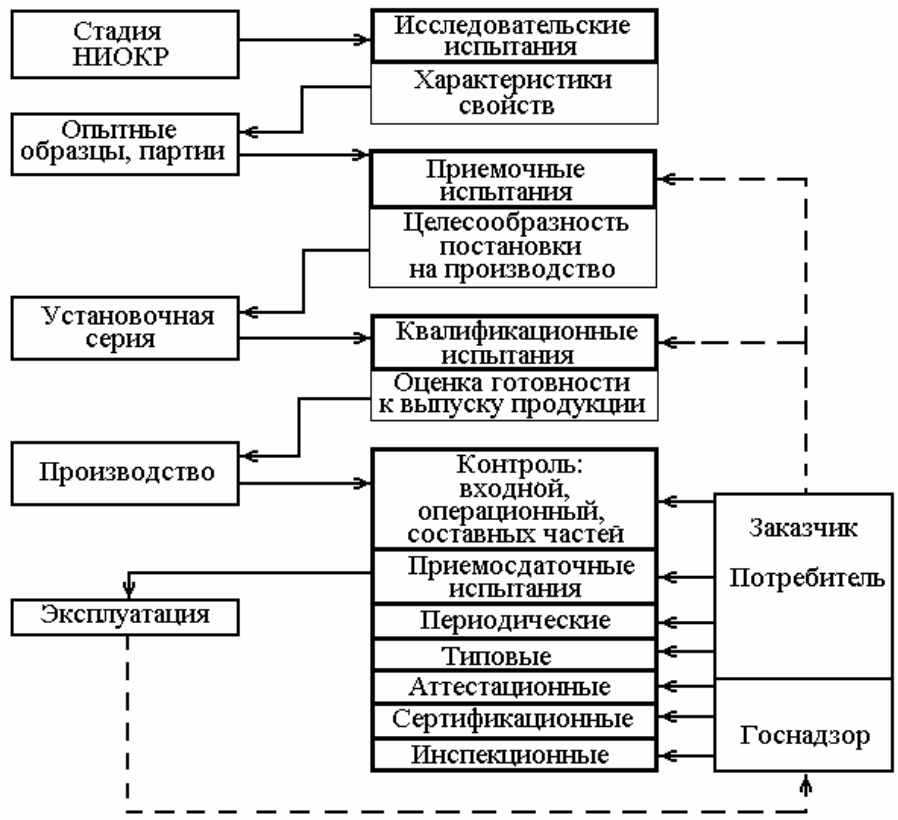


Рис. 3.10. Стадии жизненного цикла,
виды и цели испытаний продукции

Исследование и испытания материалов. Под термином «*материал*» в технике обычно подразумевают предмет труда, преобразуемый в предметы потребления и средства производства и составляющий их вещественную основу. Этот термин используют и в иных значениях, например, материал как данные или сведения о чем-либо, либо материал как синоним ткани.

Термин «*вещество*» имеет философское определение как вид материи; в физике – это образование, обладающее массой покоя; в технике – это обычно исходный продукт для получения материала. Термин «*вещество*» имеет и специальное определение как объект промышленной собственности (см. подразд. 3.5).

Ниже речь пойдет об исследованиях материалов как предмета труда и веществ как исходных продуктов для их получения (см. подразд. 3.7). В этом смысле четкое определение предмета исследования, достоверность данных о нем, представление этих данных в установленной форме крайне важно для обоснованного принятия технических решений при разработке продукции и технологических процессов ее получения, для обеспечения качества продукции на стадии ее производства.

Ввиду многообразия материалов, используемых в различных отраслях техники, еще большего многообразия сведений об их свойствах, получаемых в результате исследований, важное значение для последующего практического применения этой информации имеет классификация ее и представление в унифицированных формах.

В свое время в СССР было начато формирование государственной системы и создание Государственной службы стандартных справочных данных (ГСССД), цель которых – обеспечение предприятий и организаций достоверной информацией о свойствах материалов и веществ. В качестве важного элемента данной системы рассматривалась систематизация понятий, используемых при описании материалов и их свойств. Для унификации записи фактографических данных, помещаемых в автоматизированные информационные системы, разработан Классификатор свойств веществ и материалов [67]. В него включены понятия, применяемые в государственных стандартах, справочниках, установленные терминологическими словарями, разъясняемые в энциклопедиях, используемые в патентной документации и т. п.

Классификатор содержит около 7000 понятий, сгруппированных в шесть разделов.

1. Материалы и вещества – содержит наименование, марку, индекс ОКП (см. подразд. 2.4).

2. Состояние, состав, свойства, структура и форма образца веществ и материалов – включает понятия, используемые для характеристики химического и фазового состава, состояния, уровня структуры, превращений, формы и размеров образца.

3. Свойства веществ и материалов – включает около 2000 понятий, отнесенных к восьми подразделам по виду свойств: механические, электрические, магнитные, оптические, теплофизические, физико-химические, технологические, эксплуатационные (в том числе биологические).

4. Факторы влияния – понятия, характеризующие условия воздействия на материал – термические, механические, аэро- и гидродинамические, акустические, оптические, электрические, магнитные, радиационные, химические, временные, климатические и др.

5. Технология – понятия, относящиеся к процессам получения материалов и веществ, а также к их переработке в изделия.

6. Применение веществ и материалов – понятия, относящиеся к функциональному признаку применения, к отрасли народного хозяйства, к типу изделия.

На основании данного Классификатора сформирован формат фактографической записи информации о материале (веществе), предусматривающий указание в базах данных формализованных сведений, относящихся к перечисленным выше группам (и в том же порядке), а также сведений о методе исследования свойств.

Например, результат измерения электрической прочности пленки фторопласта-4 толщиной 0,02 мм при частоте 50 Гц, равной 200 кВ/мм, имеет вид: фторопласт-4; ОКП 22 1312; пленка; толщина 0,02 мм; электрическая прочность 200 кВ/м; частота 50 Гц.

На основе данного Классификатора построены базы данных о материалах, в частности База данных о полимерных и композиционных материалах (БаКоМ).

На основе унифицированных (как правило, стандартизованных) понятий и по аналогичному принципу построены и зарубежные базы данных о материалах, например база CAMPUS – данных о полимерных материалах, производимых предприятиями ФРГ.

Правда, далеко не всегда разработчики и исследователи материалов и нормативных документов – стандартов и технических условий на них используют единую терминологию, отраженную в Классификаторе, правила представления численных данных о свойствах веществ и материалов, установленные стандартами. Впрочем, и сам Классификатор предусматривает в отдельных случаях возможность применения разных терминов (синонимов). Встречаются разные термины и в стандартах, в научных отчетах (хотя ГОСТ 7.32–2001 предусматривает использование унифицированных терминов и форм представления численных данных (см. подразд. 4.1 и приложение 6), а тем более в научных публикациях. Это существенно затрудняет сравнительный анализ и практическое применение содержащихся в этих источниках сведений о свойствах материалов.

Согласно Классификатору [67], состав композиционного материала (композиции) характеризуют содержанием связующего (матрицы), наполнителя и иных компонентов – отвердителя, ускорителя. Концентрация веществ в композиции может быть выражена массовой или объемной долей, массовыми или объемными процентами.

Макроструктуру характеризуют наличием элементов макроструктуры частиц, волокон, пор, гранул и типом – как слоистую, волокнистую, пористую, армированную и т. д.

Для характеристики микроструктуры композиционного материала могут использоваться геометрические параметры элементов, формы и размеров частиц, их ориентации, структура и форма границ, типы текстур и т. п.

К параметрам формы и размеров образцов относятся длина, ширина, толщина, диаметр, сечение, вид (нить, волокно, пучок, лента, полоса, пленка, профиль, стержень) и пр. Размеры и форму образцов, условия их изготовления задают согласно рекомендациям, содержащимся в стандартах на данные типы материалов и методы определения соответствующих свойств. В отдельных случаях испытывают образцы, вырезанные из изделия («образцы-свидетели»).

Методы исследования структуры и свойств веществ и материалов, определения показателей свойств изделий, параметров технологических процессов их изготовления изучаются в специальных дисциплинах и их разделах (см., например, [18, 28, 30]), отрабатываются в ходе лабораторных занятий.

Численные данные о свойствах материалов, полученные в результате испытаний, в научных отчетах, публикациях, научно-технической документации представляют согласно нормативным документам в виде отдельных значений, таблиц или графиков.

При этом в отчетах и публикациях излагают (а при необходимости и обосновывают) оригинальную методику, приводят описания оригинальных средств измерения и метода обработки результатов в объеме, достаточном для воспроизведения.

Число значащих цифр должно соответствовать погрешности измерения. На заимствованную методику или заимствованные данные дают библиографическую ссылку на источник. Указывают значения и возможные причины расхождения результатов с известными значениями.

Ввиду неоднородности макро- и микроструктуры показатели свойств материалов и изделий (особенно это относится к композиционным материалам) обнаруживают разброс, поэтому при оценке результатов исследований и испытаний используют статистические методы.

Исследование технологических процессов. Согласно определению, приведенному в подразд. 1.1, технологический процесс включает последовательное изменение и измерение свойств материала или заготовки (полуфабриката), ее внешнего вида, формы и размеров и необходимые для этого действия.

Работы по созданию новых технологических процессов и изготовлению технической документации на них называют *опытно-технологическими*. К ОТР относят и разработку процессов получения новых материалов и изделий. Специальный вид исследования технологических процессов – отработка изделий на технологичность.

Исследования технологических процессов могут быть направлены на установление воздействий, их последовательности, условий осущест-

вления, применяемых при этом материалов и заготовок, параметров материалов и воздействий, обеспечивающих получение с приемлемыми затратами продукта, отвечающего заданным требованиям к показателям качества, требованиям к санитарно-гигиеническим и экологическим параметрам и нормам безопасности. С учетом этого для характеристики технологического процесса используют следующие группы показателей:

- технические – точность, стабильность, надежность, уровень автоматизации, контролепригодность, патентная чистота;
- экономические – материалоемкость, энергоемкость, производительность, трудоемкость и т. п.;
- безопасности и эргономики – взрывобезопасность, уровень шума, токсичности продукции и отходов, соответствие гигиеническим и эргономическим нормам и др.

При разработке нового процесса применяют математические модели, описывающие фундаментальные явления, имеющие место в данном процессе. Разделение технологического процесса на элементарные явления позволяет записать для каждого из них соответствующие уравнения (уравнения состояния) и составить систему, характеризующую данный процесс. Это уравнения сохранения массы, энергии и количества движения, тепло- и массопереноса, деформирования и течения, относящиеся, например, к дифференциальным уравнениям математической физики в частных производных.

Модель процесса может включать также соотношения, связывающие *безразмерные комплексы* величин, определяющих ход процесса (критериальные уравнения), выводимые на основе теории подобия и размерностей, и соотношения, полученные в результате эксперимента, – регрессионные уравнения. Методы подобия и размерностей используют в тех случаях, когда составление и решение дифференциальных уравнений затруднено, но совокупность величин, определяющих процесс, известна.

Каждое уравнение отражает связь между величинами, влияющими на ход процесса. Все эти величины – параметры технологического процесса в широком смысле. Параметры технологического процесса в узком смысле – величины, задание и поддержание которых необходимо и достаточно для достижения цели технологического воздействия. Номенклатура параметров зависит от принятой модели процесса.

Анализ с использованием математических моделей позволяет выявить наиболее значимые параметры, установить характер и степень их влияния на качество получаемых изделий, возможности и диапазо-

ны управления, сформулировать требования к средствам технологического оснащения. Расчеты, проведенные даже с использованием довольно сложных моделей, в большинстве случаев обходятся намного дешевле, чем изготовление оборудования и оснастки, необходимых для проведения технологических исследований. Предварительная оценка параметров процесса на основе математических моделей позволяет сократить затраты на разработку и последующую отработку процесса в производственных условиях.

Чем сложнее явления, лежащие в основе технологических воздействий, тем дороже обходится их изучение и построение адекватной модели. Как раз сложность физических явлений, лежащих в основе процессов получения композиционных материалов и изделий, затраты на разработку моделей и освоение технологических процессов определяют наукоемкость технологии и дают основания для отнесения многих технологий КМ к «высоким технологиям».

В то же время нельзя не отметить, что ввиду сложности явлений, происходящих в процессе выполнения различных технологических операций, многофакторности внешних воздействий на их течение, изменений структуры и свойств композиций и КМ, формируемых в результате технологических операций, теоретический путь определения оптимальных параметров крайне затруднен. Практически все технологические процессы формообразования изделий из КМ (как, впрочем, и в других отраслях технологии) были сначала осуществлены на практике, а лишь затем более или менее точно описаны математическими средствами. Только практика позволяет выявить явления, ответственные за конечный результат конкретной технологической операции, и обосновать пригодную для ее характеристики математическую модель. По этой причине наблюдается скептическое отношение технологов-практиков к математическому моделированию и теоретическому осмыслению явлений, происходящих при изготовлении материалов и изделий. Но, с другой стороны, технологические знания и опыт всегда конкретны и потому могут быть недостаточными при освоении принципиально новых процессов, появлении новых обстоятельств.

Неоднородность структуры и свойств исходных веществ и материалов, многофакторность и нестабильность воздействий на материал в технологических процессах затрудняют построение адекватной модели, а ее усложнение далеко не всегда улучшает степень приближения результатов расчета параметров к наблюдаемым значениям.

Стабильность технологического процесса означает, что с течением времени при неизбежных, но допускаемых отклонениях харак-

теристик свойств компонентов, внешних факторов, параметров состояния средств технологического оснащения и действий персонала показатели качества изделия или контролируемые параметры этого процесса остаются в установленном диапазоне, а изделия с заданным уровнем качества получаются при заданных экономических показателях (производительности, трудоемкости, материалоемкости и др.) и регламентированных настройках технологического процесса. Стабильность процесса в производственных условиях обеспечивается поддержанием всех возмущающих воздействий и факторов в заданном диапазоне.

Устранение причин нестабильности часто не вписывается в рамки стандартных решений. Зная основы процесса, можно существенно сократить затраты на поиск и устранение причин отклонений, получить изделия высокого качества с минимальными затратами, т. е. добиться максимального экономического эффекта. Именно способность принимать такие решения определяет квалификацию технолога.

Технологический эксперимент включает изучение опытным путем отдельных явлений или моделей процесса на стадии научных исследований и разработок, определение технологических характеристик композиций и материалов и наблюдение (с записью параметров) за ходом реального процесса при его изучении в лаборатории или отработке в производственных условиях. Экспериментальное изучение элементарных явлений и технологических процессов, как и их математическое моделирование, проводят с целью установления наиболее существенных факторов, влияющих на ход процесса, построения или проверки адекватности математических моделей.

Применяя статистические модели, параметры которых являются *случайными величинами или функциями*, учитывают неоднородность и нестабильность исходных материалов и внешних воздействий. Для трактовки наблюдаемых отклонений как случайных (в терминах теории вероятностей) должны быть достаточные основания. В теории случайных процессов вводится понятие эргодичности, означающее соответствие распределений и параметров, заданных для одной реализации (одной установки, определенной партии материала и т. п.), распределениям и параметрам, заданным на множестве реализаций, хотя бы гипотетических.

Под ***технологическими испытаниями*** понимается совокупность испытаний, проводимых с целью обеспечения технологической подготовки производства и управления технологическим процессом изготовления изделий. Технологические испытания композиций (ма-

териалов) в зависимости от поставленной цели относятся к следующим трем видам: контрольные испытания; определительные (оценочные) испытания; испытания при входном контроле. При технологической подготовке производства проводят обычно определительные, или оценочные, испытания технологических свойств композиций. Для управления технологическим процессом изготовления необходимы характеристики свойств материала каждой партии, поэтому проводят испытания, относящиеся к входному контролю технологических свойств.

Вопросы метрологического обеспечения технологических испытаний композиций и композиционных материалов разработаны недостаточно. В стандартах и технических условиях на композиции и полуфабрикаты КМ часто отсутствуют требования к технологическим характеристикам. Выпускаемые промышленностью полуфабрикаты КМ и приготавливаемые на месте композиции неоднородны по технологическим свойствам. Здесь под неоднородностью понимается зависимость показателей свойств от места отбора пробы в упаковке, в партии, в совокупности партий данного полуфабриката, композиции. Осреднение путем смешивания проб, взятых из различных мест, рекомендуемое иногда нормами на испытания, лишает технолога важной информации о показателях неоднородности композиции.

Если допустимо предположение о том, что в эксперименте мы имеем дело со случайной величиной, то окажется оправданным использование различных приемов, позволяющих упорядочить измерения (наблюдения), сократить их объем, повысить надежность выводов и называемых обобщенно *планированием эксперимента*.

3.4. Статистические методы в практике эксперимента

Основы статистических методов. Методы оценки параметров и адекватности вероятностных моделей изучаются в *математической статистике*.

«Математическая статистика или, точнее, ее теоретические основы развиваются, как правило, математиками, совсем плохо знающими эксперимент. Их логические концепции часто оказываются мало понятными экспериментатору. Сложный, вполне современный математический аппарат, делающий задачи статистики столь привлекательными для математиков, часто только отпугивает экспериментаторов.

Экспериментатор, занимаясь применением математической статистики, должен знать не только ее фасад, который выглядит вполне респектабельно, но и то, что находится за ним». (В. В. Налимов).

И хотя основы применения методов математической статистики достаточно хорошо изложены во многих «серьезных» учебниках для будущих инженеров (см., например, [27]), в практике преподавания этого раздела математики чаще всего ограничиваются формальным изложением различных приемов, основанных на вероятностной модели изучаемого объекта, тогда как намного важнее научить студента понимать, в какой мере применима к данному объекту статистическая модель, для каких целей и в каком виде она пригодна. Проблема здесь, очевидно, в том, что преподаватель теории вероятностей и математической статистики для инженеров и других будущих специалистов-прикладников редко участвует в экспериментальных исследованиях, а преподаватель специальных дисциплин сам изучал основы теории вероятностей и математической статистики не в достаточно строгом, а также лишь в рецептурном изложении.

К экспериментальным задачам, наиболее часто решаемым с помощью измерений, относятся:

- количественная оценка свойства исследуемого объекта, в частности характеристик материала, параметра конструкции изделия или технологического процесса, показателя качества продукции, по числовым значениям;
- выяснение закона распределения исследуемого показателя;
- установление взаимной зависимости между показателями;
- установление зависимости показателей от каких-либо факторов, например от внешних воздействий и др.

Допустим, измеряемый показатель моделируется случайной величиной ξ, математическое ожидание которой $a = <\xi>$, дисперсия $D_\xi = <(\xi - a)^2>$, среднее квадратическое отклонение s_ξ. Величины вида $M_\xi^{(m)} = <(\xi)^m>$ и $D_\xi^{(m)} = <(\xi - a)^m>$ называют соответственно начальными и центральными моментами порядка m ($m = 1, 2, ...$). Моменты и другие определяемые через них величины (среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, коэффициенты асимметрии и эксцесса и др.) – тоже параметры распределения. Задача эксперимента может состоять в приближенной оценке этих параметров. В математической статистике различают «точечную» оценку параметра – путем вычисления по результатам измерений значения, характеризующего данный параметр, и «интервальную» – установление границ доверительного интервала, характеризующего область значений параметра.

Возможны и иные задачи эксперимента, в частности, выяснить в каком соотношении тот или иной параметр находится с известным, заданным или определяемым также в результате эксперимента, например, для другого объекта или взятым из иной совокупности. Такие задачи возникают при создании новых материалов, изделий, технологических процессов, когда необходимо выяснить, действительно ли новое лучше известного, при контроле или приемке продукции и т. п.

Относительно закона распределения случайной величины ξ тоже можно лишь высказать предположение (гипотезу), основываясь на известных сведениях о природе объекта (соответствующие аргументы приведены в подразд. 3.2 в связи с обсуждением статистических моделей).

Поскольку исследуемые величины являются случайными, то задачи двух последних типов относятся к задачам статистической проверки гипотез.

Часто задачами эксперимента являются выяснение связи между двумя и более показателями, моделируемыми случайными величинами, установление зависимости показателя или группы показателей (случайного вектора) от каких-либо факторов, т. е. исследование статистических зависимостей.

В зависимости от решаемых задач применяют подходящие методы математической статистики (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Задачи эксперимента и методы математической статистики

Задача эксперимента	Метод	Условия применения
Определить значение параметра, сравнить значение с известным или с полученным в иных условиях	Статистическая оценка параметров	Известны (найдены из эксперимента) средние значения и дисперсии, распределение близко к нормальному
Выяснить закон распределения, наличие и степень связи между параметрами, зависимости параметра от каких-либо факторов	Статистическая проверка гипотез	Имеется выборка достаточно большого объема, известны предположительно закон и параметры распределения
Установить вид и параметры зависимости между величинами	Исследование статистических зависимостей	Известен хотя бы предположительно вид зависимости, имеется подходящая выборка
Найти параметры линейной или нелинейной зависимости, точку экстремума для параметра	Планирование эксперимента	Однородность распределения в области варьирования факторов, близкий к нормальному закон распределения, адекватность модели

Как уже отмечалось, значения выборки x_i в отличие от ξ – не случайные величины.

Среднее арифметическое значение, несмещенная оценка дисперсии и среднего квадратического отклонения выборки вычисляются по известным формулам:

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_i x_i \,,\ \overline{D}_\xi = \frac{1}{n-1}\sum_i (x_i - \overline{x})^2 \ ,\ \overline{s}_\xi = \sqrt{\overline{D}_\xi} \,.$$

Здесь, как и в ГОСТ 8.207–76, применен термин «несмещенная оценка дисперсии», смысл которого поясняется ниже.

Если выполнить другую серию из n наблюдений, то получим другую выборку из реализаций случайной величины ξ, которые дадут иные значения среднего и доверительных границ. На множестве выборок среднее значение и среднее квадратическое отклонение – случайные величины. В математической статистике (например, у Г. Крамера) их, чтобы не путать со значениями, определяемыми по одной выборке, называют *выборочными значениями*. Но чаще выборочные значения, как и значения выборки, не различают в обозначениях (в частности, и в учебнике [27]), что создает дополнительные трудности при усвоении смысла этих величин.

Выборочное среднее арифметическое

$$\overline{\xi} = \frac{1}{n}\sum_i \xi_i$$

представляет собой сумму независимых случайных величин ξ_i, каждая из которых распределена так же, как и ξ. Точно так же через случайные величины ξ_i можно записать выборочную дисперсию, другие выборочные моменты и параметры распределения. Это, как и ξ_i, случайные величины, заданные на множестве выборок, называемые оценками соответствующих параметров распределения случайной величины ξ.

Нетрудно вычислить числовые характеристики выборочных моментов, а при определенных условиях и построить законы распределения этих случайных величин – *выборочные распределения*.

В частности, можно доказать, что $<\xi> = a$, а $D_{\overline{\xi}} = D_\xi / n$, т. е. математическое ожидание выборочного среднего арифметического равно оцениваемому параметру a, а дисперсия среднего арифметического в n раз меньше дисперсии самой случайной величины.

Если математическое ожидание оценки равно оцениваемому параметру (как это имеет место в случае с $\overline{\xi}$), то такая оценка называется несмещенной. Для оценки дисперсии, записанной по правилам

осреднения, это не имеет места, поэтому для устранения смещения вводят множитель $n / (n - 1)$.

«Хорошие» статистические оценки параметров распределения сходятся по вероятности к оцениваемому параметру (состоятельны), имеют минимальную дисперсию по сравнению с другими (эффективны). Выбор и исследование качества статистических оценок относятся к задачам математической статистики, но не обработки результатов эксперимента.

Статистическая проверка гипотез, решение других задач математической статистики также основаны на предположении о том, что проведенный эксперимент является лишь одной из реализаций такого рода процедур, а выводы делаются на основе распределений комбинаций случайных величин, заданных на виртуальном множестве выборок – выборочных распределений, а потому справедливы «с точностью до данной выборки», ее представительности. Чисто математическая компонента обработки результатов эксперимента при этом играет второстепенную роль, и точность вычислений здесь ровным счетом ничего не гарантирует. Пригодность результатов эксперимента для решения практической задачи зависит в большей мере не от самой вычислительной процедуры, а оттого, насколько обоснована применяемая статистическая модель и реализующая ее процедура в данном конкретном случае.

Доверительные интервалы. Хотя понятия доверительных интервалов (границ) и доверительных вероятностей рассматриваются во всех пособиях по математической статистике, редкий экспериментатор в состоянии объяснить их смысл. В одном учебнике по применению в экспериментальной практике методов математической статистики, написанном известным ученым-биологом, можно прочитать такое объяснение доверительных вероятностей: «Это такие большие вероятности, которым можно доверять и которыми можно с уверенностью пользоваться». Формальная оценка доверительных интервалов даже в точном соответствии с порядком, предписанным стандартами, в частности ГОСТ 8.207–76 и СТБ ISO 2602–2008, мало что дает для правильной интерпретации результатов эксперимента.

Поясним смысл понятий доверительных интервалов и доверительных вероятностей на примере результатов прямых измерений с многократными наблюдениями. Объект наблюдений моделируется случайной величиной ξ, которая имеет нормальное распределение с плотностью $f_\xi(x)$. Плотности распределения случайной величины ξ и среднего арифметического $\bar{\xi}$ показаны на рис. 3.11.

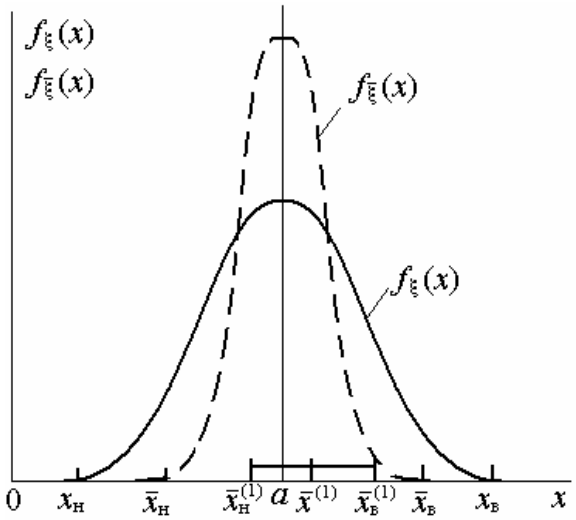


Рис. 3.11. Плотности распределения
случайной величины ξ и выборочного распределения
среднего арифметического значения $\bar\xi$

В результате измерений получена выборка из n реализаций этой величины: x_1, x_2, …, x_n. По этим значениям, согласно приведенным выше формулам, вычислены среднее арифметическое значение $\bar x$ и среднее квадратическое отклонение $\bar s_\xi$. Далее рассчитываются нижняя $\bar x_н = \bar x - \Delta\bar x$ и верхняя $\bar x_в = \bar x + \Delta\bar x$ границы доверительного интервала выборки (рис. 3.11).

Половина ширины интервала согласно ГОСТ 8.207–76 рассчитывается по формуле $\Delta\bar x = t_{P,n-1}\bar s_\xi$, где $t_{P,n\text{-}1}$ – квантиль распределения Стьюдента, или проще – коэффициент, зависящий от принятой доверительной вероятности P и числа степеней свободы n – 1. На рис. 3.11 обозначения среднего значения и доверительных границ снабжены индексом (1).

Средние значения для выборок $\bar x^{(1)}$, $\bar x^{(2)}$ и т. д. – это не что иное как реализации выборочного среднего арифметического $\bar\xi$. Точно также дисперсии выборок – это реализации выборочной дисперсии $D_{\bar\xi}$, а границы доверительного интервала для средних значений выборки – реализации интервала со случайными границами $\bar\xi_н$ и $\bar\xi_в$, удовлетворяющего условию $P(\bar\xi_н < a < \bar\xi_в) = P$, где P – заданная доверительная вероятность.

Таким образом, можно сказать, что, с одной стороны, доверительный интервал – это интервал со случайными границами, накрывающий с заданной (доверительной) вероятностью неизвестное значение параметра a, а с другой – согласующиеся с проведенным экспериментом (с выборкой 1) значения a находятся внутри интервала ($\bar x_н^{(1)}$, $\bar x_в^{(1)}$),

границы которого вычислены по результатам измерений. Ничего большего о неизвестном параметре a («*вещи в себе*») по результатам измерений сказать невозможно. Полагать, что он с заданной вероятностью P находится внутри рассчитанных доверительных границ (см., например, [53]) – большая ошибка, поскольку эти границы и сам параметр a – величины не случайные, а детерминированные.

Границы доверительного интервала для среднего иногда используют при оценке объема выборки. Если учесть, что $s_{\bar{\xi}} = s_\xi / \sqrt{n}$, и интерпретировать величину $\Delta\bar{x} = t_{P,n-1} s_\xi / \sqrt{n}$ как допускаемую погрешность оценки параметра a, то при заданном значении P (и, следовательно, $t_{P,n\text{-}1}$) получается формула для требуемого числа наблюдений: $n \geq t^2_{P,n-1} s^2_\xi / \Delta\bar{x}^2$. Разделив числитель и знаменатель на a^2 и учитывая, что значения $t_{P,n\text{-}1}$ близки к квантили z_P нормального распределения, соответствующей заданной вероятности $P = 2\Phi_\xi(z_P)$, где $\Phi_\xi(z)$ – функция Лапласа), получим следующую формулу для приближенной оценки необходимого объема выборки: $n \geq z_P^2 \, v_\xi^2 / \delta$, где v_ξ – коэффициент вариации исследуемой случайной величины ξ ($v_\xi = s_\xi / a$); $\delta = \Delta x / a$ – относительная погрешность оценки параметра a. Зависимость необходимого числа наблюдений от коэффициента вариации исследуемой величины и требуемой точности оценки показана на рис. 3.12).

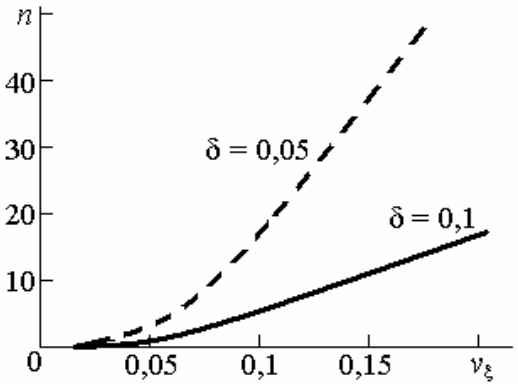


Рис. 3.12. Необходимое число наблюдений как функция неоднородности объекта и требуемой точности оценки среднего значения параметра (P = 0,9)

Видно, что для надежной оценки среднего значения параметра, имеющего разброс, необходимо испытывать значительное число образцов. Еще больше образцов необходимо испытать для оценки показателей неоднородности – дисперсии и среднего квадратического отклонения.

Статистическая проверка гипотез. Обычно процедуры обработки результатов измерений основываются на предположении о нормальном распределении, которое, как отмечалось выше, хотя и используется весьма часто, но не является всеобщим.

Различают гипотезы относительно параметров и относительно закона распределения случайной величины.

К распространенным в экспериментальной практике относятся гипотезы о равенстве среднего выборочного, дисперсии, среднего квадратического отклонения, иного параметра заданному значению или значению для другого объекта (из другой выборки) – так называемая «нулевая гипотеза» – или о неравенстве этих значений.

Для проверки «нулевой» гипотезы относительно среднего арифметического составляют соотношение, характеризующее относительное отклонение от заданного значения параметра $\vartheta_n = (\overline{\xi} - a)/\sigma_{\overline{\xi}}$, где $\sigma_{\overline{\xi}}$ – выборочное среднее квадратическое отклонение выборочного среднего арифметического $\overline{\xi}$. Это случайная величина, которая в случае нормального распределения ξ имеет распределение Стьюдента. В терминах математической статистики это *критерий* проверки. Если нулевая гипотеза верна, то вероятность больших значений данного критерия мала. Задав некоторую малую вероятность (*уровень значимости*), при известном распределении критерия нетрудно вычислить границу, превышение которой маловероятно в эксперименте, согласующемся с данной гипотезой. Уровень значимости равен вероятности того, что выдвинутая гипотеза не будет принята, если она верна, т. е. вероятности допустить «ошибку первого рода». Но уменьшая эту вероятность и расширяя тем самым границы допустимых отклонений, можно допустить другую ошибку – «ошибку второго рода»: принять данную гипотезу, если она на самом деле неверна. Критерий должен быть таким, чтобы вероятность совершения «ошибки второго рода» была малой. Вероятность отвергнуть принятую гипотезу, если верна конкурирующая, называется *мощностью критерия*.

Одним из примеров применения статистических гипотез служит *дисперсионный анализ*. Если влияние фактора невелико, то дисперсия, обусловленная этим фактором, мала (в статистическом смысле) по сравнению с дисперсией, обусловленной погрешностью измерений или неоднородностью объекта.

Проверка гипотезы о законе распределения, как и проверка гипотез о параметрах распределения, относится к специальному классу задач, решаемых методами математической статистики, и может представлять собой самостоятельную задачу исследования. Знание закона распределения исследуемой величины необходимо и для решения других задач, в частности для построения доверительных интервалов.

Согласно ГОСТ 8.207–76, при объемах выборки $n > 100$ рекомендуется использовать критерий χ^2, известный как критерий Пирсона, критерий ω^2 Смирнова – при $n > 50$ и составной критерий – при $n > 15$.

Указанный в этом же стандарте критерий λ (критерий Колмогорова) применим только при известных параметрах распределения. Для применения других критериев это требование не обязательно – параметры могут быть оценены по выборке. Техника проверки гипотезы о законе распределения случайной величины изложена в пособиях по математической статистике.

Критерий χ^2 основан на оценке относительных отклонений частот попадания значений выборки в заданные интервалы с вероятностями, вычисленными при условии справедливости предполагаемого закона.

Необходимо отметить, что применение указанных выше критериев требует определенного навыка, поскольку вычисляемые значения критерия и, следовательно, получаемые выводы оказываются зависимыми от способа группирования выборки (построения гистограммы). В частности, для получения относительно «гладкой» гистограммы целесообразно подбирать число интервалов и их границы, а чтобы избежать большой ошибки из-за небольшого числа, но весьма «весомых» крайних значений, рекомендуется объединять крайние малочисленные интервалы.

Иногда при построении гистограмм обнаруживается наличие двух и более областей, в которых сосредоточены измеренные значения. Если объем выборки достаточно большой, то это может свидетельствовать о наличии соответственно двух и более факторов, влияющих на исследуемую величину. Плотность распределения при этом имеет вид $f_\xi(x) = \sum_i P_i f_i(x)$, где P_i – вероятность фактора i; $f_i(x)$ – плотность распределения параметра при условии i. Такие распределения типичны для многих параметров, характеризующих реальные объекты. Сглаживание исходной гистограммы приведет к потере информации о физической сущности исследуемой величины.

На рис. 3.13 в качестве примера приведена плотность распределения длины волокон в композиционном материале, разрушающихся при совмещении с матрицей по двум механизмам, каждый из них с некоторой вероятностью приводит к появлению группы волокон, длина которых распределена по закону Вейбулла, но с различными параметрами.

Если объем выборки недостаточен для проверки гипотезы о законе распределения по перечисленным выше статистическим критериям, то некоторые предварительные выводы могут быть получены и по имеющейся в распоряжении небольшой выборке с помощью иных критериев или качественно – с помощью «вероятностной бумаги».

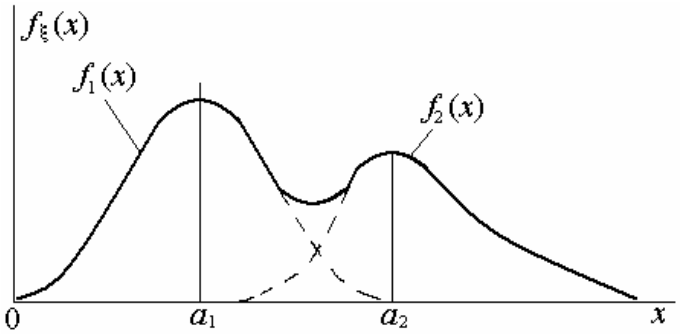


Рис. 3.13. Распределение случайной величины, значения которой определяются двумя факторами

«Вероятностную бумагу» для закона распределения, заданного функцией $F_\xi(x) = P(\xi < x)$, получают путем преобразования масштаба по оси ординат так, чтобы график данной функции распределения оказался прямой линией.

Частота, вычисленная как $p_j = n_j / n$ (n_j – число значений выборки, для которых выполняется неравенство $x_i < x_j$), дает значения функции распределения выборки при $x = x_j$. Точки с координатами (x_j, p_j), нанесенные на «вероятностную бумагу), должны быть близки к прямой, если выборка извлечена из совокупности, имеющей данный закон распределения (рис. 3.14).

Близость функции распределения выборки к прямой линии, задающей теоретический закон распределения, свидетельствует о приемлемости гипотезы о данном распределении.

Другим примером применения статистической проверки гипотез при обработке результатов эксперимента служит предусмотренная ГОСТ 8.207–76 процедура отбрасывания крайних и «сильно отличающихся» значений на основе критерия Граббса.

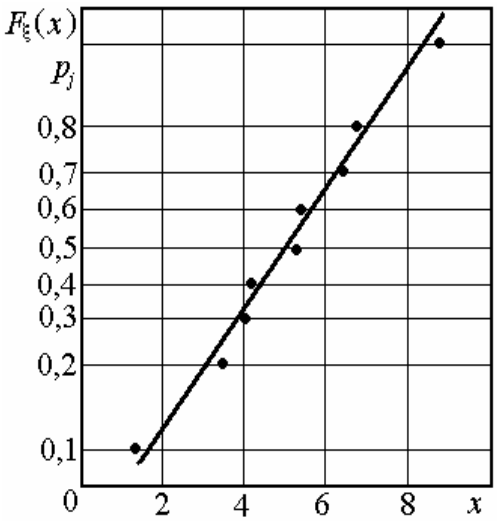


Рис. 3.14. Функция распределения выборки на «вероятностной бумаге»

Как и на предыдущих этапах обработки результатов эксперимента, сами вычисления не вызывают затруднений, но, как писал известный специалист в области статистики экстремальных значений Э. Гумбель, «отбрасывание крайних значений выборки на основе статистических критериев – это всегда опасная процедура, по-

скольку основана на гипотезе о распределении изучаемой величины, которая может оказаться неверной».

Задача эксперимента может состоять в выяснении связи между параметрами, установлении зависимости исследуемого параметра от одного или нескольких факторов и т. п. В терминах математической статистики обработка результатов в этих случаях сводится к статистической проверке гипотез, дисперсионному, корреляционному или регрессионному анализу.

Многие программы обработки результатов эксперимента содержатся в стандартных пакетах программного обеспечения ПЭВМ. Прежде чем обращаться к этим программам, следует четко сформулировать задачу в содержательных терминах. Только в этом случае после математической обработки результатов измерений можно рассчитывать на получение полезной информации. Возможные пути решения ряда таких задач указаны в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Методы исследования статистических зависимостей

Задача	Метод решения
Проверка соответствия среднего значения установленному уровню	Сравнение среднего с заданным значением по критерию Стьюдента
Наличие отклонений средних значений двух величин	Сравнение средних по критерию Стьюдента
Наличие статистической связи между двумя величинами	Корреляционный или регрессионный анализ
Влияние на величину некоторого фактора	Однофакторный дисперсионный анализ
Установление зависимости от одного или нескольких факторов	Многофакторный дисперсионный анализ

Нередко для анализа зависимостей измеряемой величины от тех или иных факторов используют стандартные методы построения уравнений регрессии в полиномах. Подходящий вид уравнения и его параметры оценивают по методу наименьших квадратов. Такая процедура полезна, если есть физические основания предполагать, что зависимость действительно может быть представлена в виде степенной функции. В противном случае полезнее найти вид уравнения, более подходящий по физическому смыслу исследуемой зависимости, в частности вытекающий из решения дифференциальных уравнений, описывающих исследуемые явления. А это чаще всего нелинейные зависимости в виде экспоненты, логистической или логарифмической

функции. Соответствующие программы также можно найти в стандартных пакетах. К тому же очень часто зависимости между исследуемыми величинами сводятся к линейным после преобразования переменных путем логарифмирования и иной процедуры.

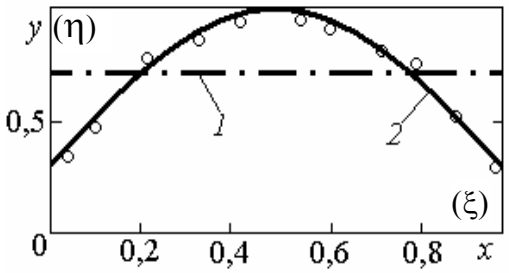


Рис. 3.15. Зависимости между двумя величинами:
1 – линейная статистическая (корреляция);
2 – нелинейная (парабола);
∘ – экспериментальные точки

Адекватность принятых уравнений оценивают по относительной дисперсии отклонений экспериментальных точек от рассчитанных по принятому уравнению.

Характер зависимости и подходящий вид уравнения легче подобрать, предварительно построив зависимость по исходным экспериментальным данным. Одну из возможных ошибок при формальном анализе зависимости между двумя величинами иллюстрирует рис. 3.15.

Коэффициент корреляции между величинами ξ и η (x и y – их возможные значения и реализации), вычисленный по данным эксперимента, оказался малым отрицательным (–0,06). Однако коэффициент корреляции характеризует только линейную составляющую статистической связи. Среднее квадратическое отклонение ординат экспериментальных точек от значений, заданных линейным уравнением регрессии, оказалось достаточно большим (0,78). Задав зависимость в виде параболы, получим среднее квадратическое отклонение экспериментальных точек от аппроксимирующей линии не более 0,1.

Оценку дисперсии отклонений проводят и в случае косвенных измерений, когда искомую величину определяют по результатам измерения других величин, с которыми данная находится в функциональной зависимости. Например, параметр Y является некоторой функцией m параметров X_i: $Y = f(X_1, X_2, \ldots, X_m)$. Возникает задача оценки погрешностей измеряемого параметра по известным погрешностям аргументов. В общем случае погрешность косвенных измерений, как и приращение функции многих переменных, можно записать в форме полного дифференциала:

$$\Delta Y = \sum_i \frac{\partial f(X_i)}{\partial X_i} \cdot \Delta X_i,$$

где ΔX_i – погрешность измерения параметра i.

Если ΔX_i – флуктуации независимых случайных величин, то формула для дисперсии погрешности косвенного измерения имеет вид

$$D_{\Delta Y} = \sum_i \left(\frac{\partial f(X_i)}{\partial X_i} \right)^2 \cdot D_i,$$

где D_i – дисперсии величин X_i.

Частная производная измеряемой величины по параметру X_i характеризуют чувствительность погрешности измерения величины Y к отклонениям или погрешностям измерений параметра X_i.

Если измеряемая величина Y задана степенной функцией параметров X_i вида $Y = AX_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot \ldots \cdot X_m^{a_m}$, то после деления приращения функции ΔY на Y для дисперсии относительной погрешности получается формула $D_{\Delta Y} = \sum_i a_i^2 \cdot D_i$, т. е. коэффициенты чувствительности равны показателям степени при факторах X_i. Аналогичная по структуре формула получается и для границ погрешности измерения.

Планирование эксперимента. При исследовании объектов и явлений, параметры которых имеют случайные отклонения (флуктуации) и зависят от многочисленных факторов, принимаемых в качестве независимых переменных, объем и стоимость экспериментальных работ могут оказаться большими. По оценке известного «науковеда» Дж. Бернала, к. п. д. эксперимента не превышает в среднем 2%.

На основе методов математической статистики предложен ряд процедур выбора числа и условий эксперимента, позволяющих сократить затраты времени на его проведение. Многие из них нашли применение в практике экспериментальных исследований.

Изложение теоретических основ и объяснение сущности методов планирования эксперимента выходит далеко за рамки данного пособия, в связи с чем ниже перечислены лишь некоторые экспериментальные задачи, решаемые с помощью методов планирования эксперимента (табл. 3.8). Теоретические обоснования и практические рекомендации для осуществления этих методов содержатся в специальной литературе.

В некоторых отраслях наук, например в химии, в определенный период стало даже неприлично публиковать результаты эксперимента, если они получены без применения таких процедур. Однако планирование эксперимента – это не практическая часть специальных естественнонаучных или технических дисциплин, а раздел математической статистики, поэтому не может служить панацеей от ошибочных выво-

дов. Более того, как и вся математическая статистика, этот раздел написан математиками, хотя и с использованием близких экспериментатору терминов «опыт», «фактор», «варьирование», «оценка», «экстремум», «значимость» и т. п., но на совершенно не понятном экспериментатору языке, в котором каждый из знакомых терминов имеет непростое математическое содержание.

Таблица 3.8

Методы планирования эксперимента

Задача	Метод	Основы	Область применения
Исключить влияние фактора	Латинский квадрат	Рандомизация, дисперсионный анализ	Предварительная оценка роли фактора
Оценить влияние ряда факторов на параметр	Полный факторный эксперимент	Оптимальное использование пространства независимых переменных	Построение линейного уравнения регрессии в области варьирования факторов
Найти оптимальные условия процесса	Крутое (пошаговое) восхождение	«Движение» по градиенту функции отклика в области варьирования факторов	Определение значений факторов, при которых достигается экстремум исследуемого параметра
То же	Композиционный план второго порядка	Сокращение объема измерений в области поверхности отклика	Описание области экстремума функции отклика
Найти оптимальный состав смеси	Планирование на симплексе	Сокращение числа точек эксперимента в области поверхности отклика	Описание зависимости свойств от состава смеси

Как часто бывает в науке и практике, что-то модное постепенно осваивается и находит со временем место, более соответствующее своей сущности. Так и планирование эксперимента не потеряло актуальности и в настоящее время, но превратилось из модного увлечения в средство рациональной организации определенного класса экспериментальных исследований. Однако здесь вновь следует заметить: для превращения аппарата планирования эксперимента в эффективный инструмент в руках экспериментатора необходимо, чтобы экспериментатор владел не только техникой применения специальных процедур, прописанных в теории эксперимента, но и понятиями этой области математической статистики в объеме, достаточном для обоснованной постановки задачи и содержательной интерпретации результатов ее решения.

3.5. Разработка новых технических решений

Технические решения. Исследования и разработки носят творческий характер, поскольку всегда направлены на создание или применение чего-то нового. Они характеризуются множественностью путей (методов) достижения цели, решения поставленной задачи, а также субъективностью оценок и выбора методов решения и неопределенностью результата.

Изучение гносеологических (от гр. *gnosis* – знание и *logos* – учение) основ научной и инновационной деятельности как интеллектуальной деятельности и специфического вида творчества и в целом теории научного познания и продуктивного мышления относится к предмету философии, психологии и физиологии (см., например, [26]. Усвоение закономерностей формирования научного знания и создания творческих решений во многих компонентах выходит за пределы требований к профессиональным компетенциям инженера-исследователя, конструктора и технолога (см. подразд. 2.3). В то же время владение общей методологией и практическими приемами инженерного творчества является необходимым условием успешной профессиональной деятельности инженера, занимающегося исследованиями и разработками, поэтому вопросы методологии исследований и разработок обсуждаются ниже.

Результаты исследований и разработок, представляющие собой конкретное воплощение технической идеи (замысла) в графическом, словесном и ином описании или в реальном образце техники, называют *техническими решениями*. Иначе, техническое решение – это не сама идея, а ее материализованная форма.

Совокупность технических решений, известных по общедоступным в мире источникам, характеризует *уровень техники*. *Новое техническое решение* – техническое решение, не являющееся частью известного уровня техники, т. е. отличающееся от того, что уже известно из доступных источников.

Технические решения как результаты творческого труда авторов, согласно Гражданскому кодексу Республики Беларусь, относятся к объектам интеллектуальной и промышленной собственности, которым предоставляется правовая защита путем выдачи патента уполномоченным государственным органом (см. подразд. 4.2). В данном разделе эти объекты рассматриваются не с позиций правовой защиты, а как предмет исследований и разработок и как результаты творческой деятельности.

Патентная документация, в частности описания патентов, служат важнейшими источниками информации об известных технических решениях, а ее анализ позволяет оценить качество разработки, новизну создаваемых объектов.

При поиске, анализе и оценке технических решений используются термины и подходы, принятые в законодательстве о промышленной собственности, по этой причине ниже приводятся основные понятия, относящиеся к данной сфере.

Патент – документ, выдаваемый государственным патентным органом и удостоверяющий авторство, приоритет и исключительное право на использование охраняемого объекта. ***Патентная чистота*** – юридическое свойство объекта техники, характеризующее возможность его свободного использования в определенной стране без нарушения охраняемых в данной стране прав патентообладателей.

В СССР право монопольного использования всех изобретений советских граждан принадлежало государству, а патенты выдавались только иностранным заявителям. Советским авторам выдавалось *авторское свидетельство* – документ, удостоверяющий признание предложения изобретением, его приоритет, авторство и закрепляющий за автором права и льготы, предусмотренные законодательством.

К объектам промышленной собственности, охраняемым законодательством Республики Беларусь, относятся изобретения, полезные модели, промышленные образцы, нераскрытая информация, в том числе секреты производства (ноу-хау) (табл. 3.9), а также селекционные достижения, топологии интегральных микросхем, фирменные наименования, товарные знаки (знаки обслуживания), наименования мест происхождения товаров и некоторые другие.

Таблица 3.9

Технические решения как объекты промышленной собственности

Объект	Характеристика
Изобретение	Новое техническое решение имеет изобретательский уровень (не следует для специалиста явным образом из уровня техники), промышленно применимо (объект может быть изготовлен или использован в промышленности и других отраслях)
Способ (изобретение)	Процесс выполнения действий над материальными объектами, включающий: – наличие действия или совокупности действий; – порядок выполнения таких действий во времени (последовательно, одновременно или в различных сочетаниях); – условия осуществления таких действий: режим, использование веществ (исходного сырья, реагентов и т. п.), устройств (приспособлений, инструментов, оборудования и др.)

Окончание табл. 3.9

Объект	Характеристика
Устройство (изобретение)	Конструкция или изделие, которое характеризуют следующие признаки или их совокупность: – наличие конструктивного элемента (конструктивных элементов); – наличие взаимосвязи между элементами; – взаимное расположение элементов; – форма выполнения элемента (элементов) или устройства в целом, в частности геометрическая форма; – форма выполнения связи между элементами; – параметры и другие характеристики элемента (элементов) и их взаимосвязь; – материал, из которого выполнен элемент (элементы) или устройство в целом; – среда, выполняющая функцию элемента
Полезная модель	Конструктивное исполнение средств производства и предметов потребления, а также их составных частей; новое (отсутствуют сведения о средствах того же назначения, включая поданные ранее заявки и запатентованные технические решения, ставшие известными в результате публикации или открытого применения в Республике Беларусь) и промышленно применимое
Вещество (изобретение)	Индивидуальное соединение, композиция или продукт ядерного превращения, характеризующиеся следующими признаками или их совокупностью: – низкомолекулярное индивидуальное соединение – качественным и количественным составом, связью между атомами и их взаимным расположением в молекуле; – высокомолекулярное соединение – химическим составом и структурой звена молекулы, структурой молекулы, ее геометрией и т. п.; – композиция – качественным составом (ингредиентами), количественным составом (содержанием ингредиентов), структурой композиции или ингредиентов. Для характеристики композиций неустановленного состава могут использоваться также физико-химические, физические и утилитарные (связанные с применением) показатели и признаки способа получения
Промышленный образец	Новое и промышленно применимое художественное или художественно-конструкторское решение внешнего вида изделия – объемное (модели), плоскостное (рисунки) или комбинированное. Существенные признаки – состав и количество основных композиционных элементов, форма этих элементов; их взаимное расположение, пластические характеристики; колорит; графическое решение; материал – отличаются своеобразием (оригинальностью), каждый из них необходим, а вместе они достаточны для создания конкретного зрительного образа изделия
ноу-хау (англ. *know how* – знаю как)	Полностью или частично конфиденциальная информация, включая секреты производства, которая имеет действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности третьим лицам

Объектами ***изобретения*** могут быть устройства, способы, вещества, штаммы микроорганизмов, культуры клеток растений и животных, а также применение известного ранее устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению.

Не признаются изобретениями научные теории; методы организации хозяйства и управления им; условные обозначения и правила; методы выполнения умственных операций; алгоритмы и программы для вычислительных машин; проекты и схемы планирования сооружений, зданий, территорий; предложения, касающиеся только внешнего вида изделий и имеющие эстетические цели; топологии интегральных микросхем; сорта растений и породы животных; решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали. Иначе – *изобретение* это новое техническое решение, но не все новые технические решения могут быть признаны изобретением.

Изобретение может содержать общие признаки и их развитие или уточнение, а также группу технических решений, относящихся к связанным объектам: устройство и способ его изготовления; устройство и вещество, из которого оно изготовлено; способ изготовления и вещество или устройство, получаемые по этому способу.

Техническое решение признается изобретением или полезной моделью только при наличии новых существенных признаков по сравнению с аналогом. *Аналог технического решения* (изобретения, полезной модели) – техническое решение того же назначения, известное из общедоступных сведений и характеризующееся совокупностью признаков, сходных по совокупности существенных признаков предлагаемого. Аналог, наиболее близкий по совокупности существенных признаков, называют *прототипом*.

Существенные признаки изобретения и полезной модели излагаются в виде формулы изобретения (полезной модели), основанной на описании и дающей точное представление об отличии данного объекта от наиболее близкого аналога – прототипа.

Формула изобретения (полезной модели) выражает сущность изобретения (полезной модели), содержит название изобретения (полезной модели), перечень существенных признаков прототипа (доотличительная часть) и перечень новых признаков (отличительная часть), обеспечивающих заявляемый технический результат (полезный эффект).

Для характеристики изобретений с развитием (уточнением) существенных признаков или в виде группы используют многозвенные формулы, включающие несколько пунктов – один независимый и зависимые – в первом случае или несколько (по числу объектов) неза-

висимых и зависимых пунктов. Примеры построения формул изобретений приводятся в подразд. 4.2, а примеры записи – в приложении 4.

Описание изобретения содержит индекс рубрики МПК, область техники, к которой относится изобретение; характеристику уровня техники; сущность изобретения; перечень иллюстрационных материалов (фигур), если они прилагаются; сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения с достижением технического результата.

Краткую информацию о сущности изобретения с указанием достигаемого технического результата, области техники (применения) содержит *реферат*.

Технические решения могут содержаться также в нераскрытой информации, секретах производства, подлежащих правовой защите как ОИС согласно Гражданскому кодексу Республики Беларусь.

Техническое решение, являющееся новым и полезным для данного предприятия и предусматривающее изменение материала или конструкции изделий, технологии производства и средств технологического оснащения, может быть признано ***рационализаторским предложением***. Основное отличие его от изобретения – локальная новизна. Рационализаторское предложение не должно повторять то, что ранее использовалось и используется, разработано или уже предложено на данном предприятии, предусмотрено действующей нормативно-технической документацией, приказами или распоряжениями администрации, рекомендовано вышестоящей организацией или опубликовано в бюллетенях научно-технической информации. Использование рационализаторского предложения не должно приводить к ухудшению продукции, условий работы, к другим негативным последствиям.

Не может быть признано рационализаторским предложение работников данного предприятия, если предлагаемые усовершенствования относятся к сфере их должностных обязанностей.

Права авторов рационализаторских предложений удостоверяются документально и распространяются только на предприятие, которое выдало удостоверение. Размеры вознаграждения зависят от экономического эффекта, полученного предприятием за счет использования предложения.

Патентные исследования. Задачами патентных исследований могут быть:

- изучение технического уровня объектов техники, выявление тенденций и направлений развития;
- изучение требований к продукции и состояния рынков;
- анализ сложившейся патентной ситуации, направлений научно-технической деятельности и лицензионной политики потенциальных разработчиков и производителей продукции, конкурентов и партнеров;

• исследование патентной чистоты разрабатываемых объектов техники;

• выявление новых технических решений и оценка целесообразности их патентования и др.

Содержание и порядок проведения патентных исследований при планировании инноваций, составлении заявок на разработку и освоение продукции, при создании и оценке объектов техники регламентированы СТБ 1180–99.

Патентные исследования в зависимости от стадии и задач разработки объекта могут включать:

• определение задач и методов их решения, разработку задания;

• определение требований к поиску информации и разработку регламента поиска;

• поиск и отбор патентной и иной документации, оформление отчета о поиске;

• систематизацию и анализ информации, обоснование предлагаемых решений;

• оформление отчета о патентных исследованиях.

Пример патентных исследований и оформления отчета приводится в приложении 4. Из примера следует, что проведение патентного исследования требует знания области техники, предмета разработки и иностранных языков, но в то же время такое исследование содержит значительную формальную компоненту, поэтому его часто поручают специалистам-патентоведам, а не специалистам в конкретной области техники. В то же время личное участие разработчика в поиске и анализе запатентованных технических решений всегда полезно, поскольку способствует выявлению аналогов не только по формальным признакам и подсказывает новые технические решения на основе известных в смежных областях техники.

Методы создания новых технических решений. В отличие от типовых задач по математике, физике и другим дисциплинам инженерные задачи характеризуются неопределенностью постановки и исходных данных, допускают множество возможных решений, в большей или меньшей мере удовлетворяющих исходным условиям. В связи с этим возникает необходимость выбрать наиболее подходящее и желательно с минимальными затратами. Ознакомление с методами создания новых технических решений полезно для активизации технического творчества.

Если бы показатель качества (целевую функцию) каждого решения можно было выразить количественно, то формальное решение

данной задачи также относительно просто можно было бы получить математическим путем, с помощью методов, изучаемых в теории оптимизации (см. подразд. 3.2). Наибольшую сложность представляет сама формализация задачи: выбор целевой функции, определяющей влияние различных факторов на функциональные свойства и стоимость объекта разработки, установление относительной важности («веса») параметров и области допустимых значений, оценка достоверности и точности получаемых оптимальных значений критерия и соответствующих ему параметров.

Далеко не каждый критерий оптимизации пригоден для решения технических задач. Например, применение такого привлекательного критерия, как минимум стоимости изделия, может привести к решению, в котором утрачены важные функциональные свойства изделия. Экономические требования должны сочетаться с функциональными, технологическими, экологическими и т. п. Возникает проблема соотношений («весов») различных показателей качества.

В результате часто оказывается, что интуитивно подсказанные решения, не основанные, казалось бы, на каких-то строгих зависимостях, вполне пригодны для практической реализации.

Предполагается, что и интуиция основана на неких алгоритмах выработки решений. Поскольку инженер мыслит конкретными образами, возникающими на базе реальных объектов, то очевидно, что чем больше в его памяти таких объектов, т. е. чем богаче и разнообразнее предыдущий опыт, тем больше возникнет аналогий и тем больше оснований найти среди них подходящий. Но это сфера философии и психологии. Инженеру, в принципе, не важно, откуда взялись у него способности решать технические задачи на интуитивном уровне, тем более, что интуиция всегда опережает понимание (но при этом не исключает ошибок).

В отличие от инженера ученый должен не только обосновать предлагаемое решение, но и указать путь его нахождения. Чем сложнее объект, тем меньше надежды найти подходящее для практики решение теоретическим путем. Например, в технологических исследованиях сначала процесс реализуется на практике, в экспериментальных условиях, а лишь затем возникает адекватная теория. Инженеру же достаточно мысленно или графически воспроизвести некоторое множество возможных решений и, обладая логикой и чувством меры, обосновать выбор лучшего варианта. «Талант без чувства меры – это факел в руках безумия» (Д. Уайлд).

Проблеме поиска инженерных решений и в целом технического творчества посвящены многочисленные исследования и практические

рекомендации, изданы популярные и не очень популярные книги, которые читаются с большим интересом. Изучение методов создания новых технических решений стало содержанием специальной учебной дисциплины (или, по крайней мере, ее разделом) для студентов большинства технических специальностей (см., например, [8]).

Источником развития техники, как и объективного мира и познания в целом, служат *противоречия* – наличие взаимоисключающих сторон объекта, которые находятся в то же время во внутреннем единстве и взаимопроникновении. Например, выполнение одного требования ведет к ухудшению каких-то иных свойств или функций объекта, поэтому новое техническое решение должно устранить данное противоречие. Устранение противоречий доступными средствами («отрицание отрицания», как говорят философы) как раз и составляет смысл новых технических решений, а поиск идеи для решения новой технической задачи является важным этапом создания изобретений.

Как и любой вид деятельности, техническое творчество имеет определенные закономерности, знание которых способствует большему успеху.

К особенностям творческой деятельности относятся неопределенность в постановке задачи (не все «дано» и не совсем точно указано, что требуется получить) и неопределенность путей ее решения. Прежде чем эффективно решить техническую задачу, ее сначала надо четко сформулировать.

Чем больше неопределенности в задаче, тем больше оснований получить новое и неожиданное, а потому и перспективное решение. Согласно Г. С. Альтшулеру, в зависимости от принципов и средств, применяемых для решения технических задач, различают пять уровней изобретений:

1 – применены средства решения из данной отрасли техники и известные специалистам («неизобретательские изобретения»);

2 – средства решения известны в смежных отраслях техники;

3 – средства решения новые, но подходы типичны для данной отрасли техники;

4 – средства и подходы из другой отрасли науки и техники («крупные изобретения»);

5 – средства решения открывают новые направления развития данной отрасли техники («пионерские изобретения»).

Среди официально зарегистрированных в СССР изобретений преобладали относящиеся к двум первым группам. Но «чтобы претендовать на Нобелевскую премию, нужно взяться за неразрешимую задачу».

Методы активизации технического творчества условно делятся на две группы:

• *эвристические* (от гр. *heureka – эврика*!, нашел! – восклицание Архимеда, открывшего основной закон гидростатики; или от гр. *heuristiko – эвристика*), основанные на системе логических приемов нахождения решений;

• *компьютерные*, основанные на применении ЭВМ в качестве накопителя информации, инструмента поиска решения, «искусственного интеллекта», «изобретающей машины» и т. п.).

Некоторые эвристические методы указаны в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Эвристические методы

Метод	Основные признаки	Область применения
Проб и ошибок	Последовательное осуществление различных вариантов, их оценка и отвержение	Неопределенность требований и средств решения задачи
Мозговой штурм	Фиксирование идей, предложений членов творческой группы (5–10 человек); свобода высказывания; запрещение или, наоборот, активизация содержательной критики	Поиск путей решения конкретной задачи, развитие активности
Морфологический анализ	Выделение основных признаков объекта, их комбинирование (представление в виде таблицы) и анализ	Систематизация технических решений, выявление возможных вариантов решения
Функционально-стоимостный анализ	Системный подход к оценке вариантов технических решений с учетом стоимости функций и затрат на реализацию	Разработка и усовершенствование изделий и технологических процессов, повышение эффективности производства
Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)	Использование алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ) – последовательности операций по выявлению и устранению противоречия на основе исходной информации, с учетом психофизических факторов	Решение новых изобретательских задач на основе формализации объекта и путей решения

Теория и алгоритмы решения изобретательских задач основаны на законах диалектики и развития технических систем. АРИЗ включает информационный фонд и последовательные операции выявления и устранения технических противоречий, средства управления процессом поиска, учитывает психологические аспекты.

Развитием АРИЗ стала «изобретающая машина» В. М. Цурикова – специальное программное обеспечение ПЭВМ, представляющее со-

бой средство поддержки решения изобретательских задач на основе базы данных об известных физических и иных эффектах, процедур их применения к решению конкретной задачи практически в любой области техники. «Изобретающая машина» не заменяет творческую деятельность разработчика, а лишь обеспечивает ее достаточно мощным инструментом информационной и структурной поддержки.

Знание АРИЗ и других эвристических приемов создания технических решений необходимо, но не достаточно, чтобы реально ощутить достоинства формализованных методов технического творчества в создании инноваций. И не только потому, что «АРИЗ – сложный инструмент, который не следует применять, не пройдя предварительное обучение хотя бы по 80-часовой программе» (Г. С. Альтшулер).

Формализация деятельности в любой сфере сама по себе и даже глубокое усвоение ее основ не обеспечивают желаемый успех без приобретения и достаточного развития навыков. Можно наизусть выучить руководство по управлению автомобилем и правила дорожного движения, но, садясь за руль без должных навыков, испытывать большие проблемы при управлении автомобилем на городских улицах.

3.6. Разработка технической документации

Состав документации и стадии разработки. *Техническая документация* (на продукцию) – совокупность документов, необходимая и достаточная для непосредственного изготовления на каждой стадии жизненного цикла продукции. Техническую документацию различают по назначению: конструкторская, технологическая, эксплуатационная.

Разработка КД и ТД является частью разработки и постановки продукции на производство, а именно частью НИОК(Т)Р [49].

Исходным документом для разработки служит ТЗ. В нем прописаны требования назначения, функции изделия, технико-экономические показатели. Требования к КД регламентируются стандартами ЕСКД, к ТД – стандартами ЕСТД.

КД включает графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Вид разрабатываемой КД и ее состав зависит от разрабатываемого изделия (табл. 3.11) и стадии разработки.

Таблица 3.11

Виды изделий

Термин	Определение
Деталь	Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций
Сборочная единица	Изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе сборочными операциями
Комплекс	Два и более специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций
Комплект	Два и более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное значение вспомогательного характера
Изделие	
типовое	Наиболее характерное изделие из группы близких по конструкции и технологии изготовления
стандартное	Изделие, изготавливаемое по государственному или отраслевому стандарту
комплектующее	Изделие (составная часть изделия), изготовленное на другом предприятии и получаемое в готовом виде
покупное	Изделие (составная часть изделия), получаемое предприятием в готовом виде
унифицированное	Изделие, примененное в конструкторской документации нескольких разных изделий

Предметы, обрабатываемые, перерабатываемые, формуемые и т. п. в процессе изготовления изделий (исходные продукты), указаны в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Материалы и полуфабрикаты

Термин	Определение
Материал	Исходный предмет труда, потребляемый для изготовления или обеспечения эксплуатации изделия
основной	Материал исходной заготовки
вспомогательный	Материал, расходуемый при выполнении технологического процесса (формообразовании, нанесении покрытия, соединении, термообработке и т. д.)
Заготовка (поковка, отливка и т. п.)	Предмет труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала получают изделие
Полуфабрикат	Предмет труда, подлежащий дополнительной обработке потребителем

На различных стадиях разработки и постановки продукции на производство изготавливают ее образцы (табл. 3.13).

Таблица 3.13

Образцы продукции

Термин	Определение
Образец продукции	Отдельный экземпляр или определенное количество нештучной продукции (единица продукции), используемые в качестве представителя при исследованиях, контроле или оценке
Макет	Упрощенное воспроизведение в определенном масштабе изделия или его части, на котором исследуются отдельные характеристики изделия, оценивается правильность принятых технических и художественных решений
Модель	Изделие, воспроизводящее или имитирующее конкретные свойства изделия и изготовленное для проверки принципа его действия и определения характеристик
Экспериментальный образец	Образец продукции, обладающий основными признаками намечаемой к разработке продукции, изготовленный на стадии НИР с целью проверки путем испытаний или экспертной оценки соответствия заданным техническим требованиям и уточнения отдельных характеристик при разработке продукции
Опытный образец	Образец продукции, изготовленный по вновь разработанной рабочей документации для проверки путем испытаний или экспертной оценки соответствия ТЗ с целью принятия решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению
Опытная партия	Совокупность опытных образцов или определенный объем продукции, изготовленные за установленный период времени по вновь разработанной документации для контроля соответствия продукции заданным требованиям и принятия решения о постановке ее на производство
Установочная серия	Первая промышленная партия изделия, изготовленного по документации, уточненной по результатам изготовления и испытания опытного образца (опытной партии), для контроля соответствия ТЗ, проверки средств технологического оснащения и подготовки серийного производства
Головной образец	Изделие, изготовленное по вновь разработанной документации для применения заказчиком с одновременной отработкой конструкции и технической документации для производства и эксплуатации последующих экземпляров изделия
Образец-эталон	Образец продукции, утвержденный в установленном порядке и предназначенный для сравнения с ним продукции при приемке и поставке

В зависимости от последующего применения различают продукцию основного производства, предназначенную для поставки или непосредственной продажи предприятием стороннему потребителю, и продукцию вспомогательного производства, предназначенную только для собственных нужд изготовителя.

Согласно ЕСКД (ГОСТ 2.103–68), к стадиям разработки изделий относятся техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация.

Фактически разработка технических решений, реализуемых в КД, начинается ранее – на стадии предпроектных НИР и (или) аванпроекта и разработки ТЗ и завершается лишь после изготовления и испытаний установочной серии и корректировки по их результатам (рис. 3.16).

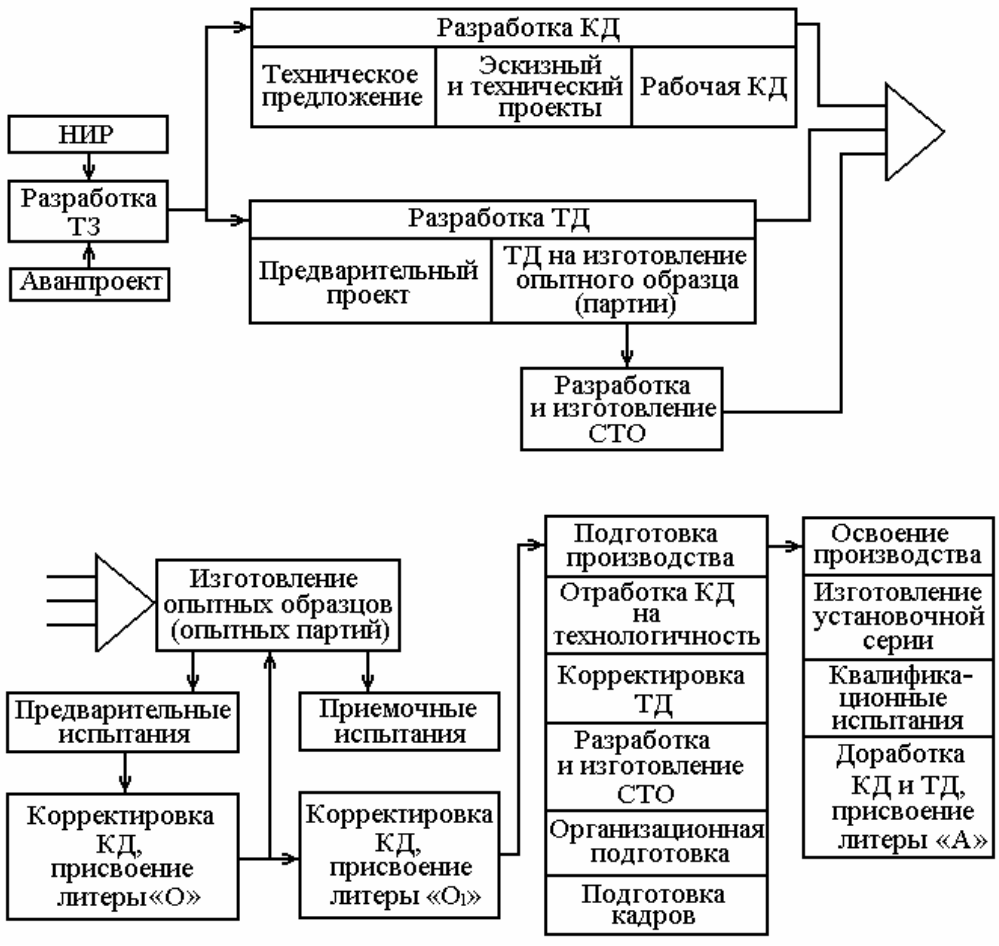


Рис. 3.16. Последовательность разработки
и постановки на производство нового изделия

Содержание работ, выполняемых на различных стадиях разработки КД и ТД, указано в табл. 3.14 и 3.15.

Таблица 3.14

Стадии разработки КД

Стадия	Содержание работ
Техническое предложение (ГОСТ 2.118–73)	Выявление и конструкторская проработка вариантов возможных технических решений, их сравнение, оценка патентной чистоты и охраноспособности, проверка соответствия требованиям ТЗ; выбор вариантов для последующей стадии разработки, уточнение требований к этим стадиям
Эскизный проект (ГОСТ 2.119–73)	Конструкторская проработка вариантов исполнения; изготовление и испытание макетов; оценка соответствия вариантов исполнения изделия основным технико-экономическим показателям и другим требованиям ТЗ; выбор и обоснование лучшего варианта; проработка технологии его изготовления; составление перечня работ на последующих стадиях разработки
Технический проект (ГОСТ 2.120–73)	Разработка конструкции изделия и его составных частей; выполнение расчетов, изготовление и испытание макетов, подтверждающих соответствие основным технико-экономическим показателям; проверка на технологичность, соответствие функциональным, эстетическим, эксплуатационным, экологическим и иным требованиям; разработка метрологического обеспечения; согласование номенклатуры материалов, покупных изделий; подготовка предложений по разработке нормативных документов (стандартов и т. п.)
Рабочая КД (ГОСТ 2.103–68)	
опытного образца (опытной партии)	Разработка рабочих чертежей, спецификаций, технических условий, программ и методик испытаний, других КД, необходимых для изготовления и испытания опытных образцов (опытных партий) без присвоения литеры Изготовление и предварительные испытания опытных образцов (опытных партий), корректировка КД с присвоением литеры «О» Изготовление и приемочные испытания опытных образцов (опытных партий), корректировка КД с присвоением литеры «$О_1$» Изготовление и приемочные испытания опытных образцов (опытных партий), корректировка КД с присвоением литеры «$О_2$»
серийного (массового) производства	Изготовление и испытание установочной серии по КД с литерой «$О_1$», корректировка КД с присвоением литеры «А»

Таблица 3.15

Стадии разработки ТД (ГОСТ 3.1102–81)

Стадия	Содержание работ
Предварительный проект	Разработка ТД для изготовления и испытаний макетов изделий и (или) составных частей (литера «П») на основании КД стадий эскизного и технического проекта
Рабочая документация опытного образца (опытной партии)	Разработка ТД для изготовления и испытаний опытного образца или опытной партии (без литеры). Корректировка ТД по результатам предварительных испытаний (литера «О»). Корректировка ТД по результатам приемочных испытаний (литера «$О_1$»). Корректировка ТД по результатам повторных приемочных испытаний (литера «$О_2$»).
серийного (массового) производства	Разработка ТД для изготовления и испытаний изделий серийного (массового) производства (литеры «А», «Б») по КД с литерой «А» или «Б»

Некоторые виды КД, разрабатываемых на различных стадиях согласно ГОСТ 2.102–68, указаны в табл. 3.16.

Таблица 3.16

Виды конструкторских документов

Наименование и код	Содержание
Чертеж детали	Изображение и все данные, необходимые для изготовления и контроля
Сборочный чертеж (СБ)	Изображение сборочной единицы и все данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля
Чертеж общего вида (ВО)	Конструкция изделия, взаимодействие его составных частей, пояснение принципа работы
Теоретический чертеж (ТЧ)	Геометрическая форма (обводы) изделия и координаты составных частей
Габаритный чертеж (ГЧ)	Контурное изображение с габаритными, присоединительными и установочными размерами
Схема (по ГОСТ 2.701–84)	Условные изображения с обозначениями составных частей и связей между ними
Спецификация	Состав сборочной единицы, комплекса и комплекта
Ведомость проекта	Перечень документов, входящих в данный проект
Пояснительная записка (ПЗ)	Описание устройства и принципа действия, обоснование технических и технико-экономических решений
Технические условия (ТУ)	Совокупность требований (показателей, норм, правил) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке
Программа и методика испытаний (ПМ)	Технические данные, подлежащие проверке при испытаниях изделий, порядок и методы их контроля
Расчет (РР)	Расчеты параметров

Разработка ТД выполняется на стадии технологической подготовки производства изделий. Согласно ГОСТ 3.1102–81, различают основные технологические документы, предназначенные для изготовления изделий, и вспомогательные, применяемые при разработке и внедрении технологического процесса, а также ТД общего и специального назначения (табл. 3.17).

Таблица 3.17

Виды технологических документов

Вид и обозначение	Содержание и назначение
Основные	
Титульный лист (ТЛ)	Оформление комплекта ТД
Карта эскизов (КЭ)	Эскизы, схемы, таблицы для пояснения технологического процесса, операций
Технологическая инструкция (ТИ)	Описание технологического процесса для сокращения объема ТД
Специального назначения	
Маршрутная карта (МК)	Маршрутное описание или состав операций с указанием данных об оборудовании, оснастке, затрат труда и материалов
Карта технологического процесса (КТП)	Операционное описание технологического процесса по операциям одного вида с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах
Карта типового (группового) технологического процесса (КТТП)	Операционное описание типового (группового) технологического процесса по операциям одного вида с указанием общих данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах
Операционная карта (ОК)	Описание технологической операции с указанием данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах
…	
Ведомость оснастки (ВО)	Указание оснастки, применяемой для изготовления изделия
Ведомость материалов (ВМ)	Указание данных о подетальных нормах расхода материалов, заготовках
…	
Ведомость ТД (ВТД)	Указание полного состава ТД для изготовления изделия при передаче комплекта ТД на другое предприятие

Предварительный проект ТД, включающий основные технологические решения, необходимые для изготовления макетов и опытных образцов, а впоследствии и при производстве изделий, обычно начинают разрабатывать параллельно с разработкой КД на стадии проекта. Это позволяет ускорить процесс разработки и освоения нового изделия, координировать весь комплекс работ по технической подготовке производства (конструкторской, технологической, организационной).

Разработка КД и ТД для каждой отрасли техники, для каждого вида продукции проводится по правилам, изучаемым в соответствующих специальных дисциплинах, изложенных в учебных изданиях, справочных пособиях и другой литературе.

Принципиальным является тот факт, что именно в технической документации содержится та информация, которая определяет показатели качества изделия, начиная от потребительских свойств (показатели назначения) и кончая экономическими, а следовательно, наряду с особенностями исполнения конкурентоспособность нового изделия, экономическую эффективность освоения его производства.

Техническая документация служит носителем технических решений наряду с материальными объектами – образцами продукции, а также наряду с патентами на объекты промышленной собственности, научными отчетами и публикациями (см. подразд. 4.1 и 4.2). Но в отличие от описаний изобретений и полезных моделей, от статей и иных публикаций техническая документация выполнена в виде, обеспечивающем воспроизведение объекта в производственных условиях.

Часто содержание нового технического решения как бы теряется на общем фоне изображения изделия и его частей в КД или в описании технологического процесса его производства. Особенно это заметно в тех случаях, когда техническое решение относится лишь к какой-то части изделия или технологического процесса или когда в конструкции изделия и в технологическом процессе реализуются одновременно несколько новых технических решений.

Пригодность технической документации для производственного процесса должна быть обеспечена всеми средствами, предусмотренными для данного вида КД или ТД, в частности выполнением требований технологичности и метрологических требований, соответствием КД и ТД установленным нормам, и проверяется на различных стадиях разработки путем проведения испытаний, технологического, метрологического и нормоконтроля (ГОСТ 2.121–73).

Выполнение конструктивных и функциональных требований. Эти требования сформулированы в ТЗ в виде показателей качества, относящихся к группам показателей назначения, конструктивных, функциональных, надежности, эргономических, эстетических и экологических (см. табл. 3.1).

Основным графическим документом, разрабатываемым на стадиях проекта, служит чертеж общего вида. Он определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняет принцип действия изделия. В отличие от рабочего (сборочного) чертежа он предназначен не для изготовления и контроля изделия, а для проработки конструктивных решений. Поэтому вновь предлагаемые конструктивные решения должны быть представлены на нем в полном объеме и таким образом, чтобы их можно было воспроизвести затем в рабочих чертежах оригинальных составных частей, в чертежах макетов, проверить путем расчетов, изготовления и испытаний макетов. Содержание и требования к оформлению чертежа общего вида приведены в приложении 7.

Значения показателей, указанных в ТЗ, за немногим исключением (например, габаритные размеры и некоторые другие конструктивные параметры) на чертеже общего вида и на рабочих чертежах не приводятся. Соответствие их требованиям ТЗ может и должно быть подтверждено косвенными методами – составом и геометрией изделия, выбором материала и его структурой, расчетами и (или) испытаниями и т. п. Но исходная информация для проверки, расчетов и изготовления макетов, в частности марка материала, размеры, геометрия и др., берется с чертежей, методы проверки указываются в пояснительной записке, в программе и методике испытаний, в других видах КД.

Важно, чтобы все требования, которые указаны в ТЗ на изделие и подлежат проверке после сборки, были обеспечены соответствующими конструктивными решениями отдельных составных частей этого изделия. А для этого такие решения должны быть проработаны еще на стадии проекта, в том числе при разработке чертежа общего вида.

Если испытание является единственным методом подтверждения соответствия изделия требованиям ТЗ, то об этом должно быть указано на чертеже детали или сборочной единицы. В частности, это может относиться к показателям жесткости, герметичности и т. п.

Менее всего формализованы и потому наиболее субъективны («о вкусах не спорят») эстетические требования, однако от уровня дизайна и других компонентов эстетического исполнения во многом

зависит конкурентоспособность изделия. Выполнение эстетических требований обеспечивается на стадии проекта изготовлением и экспертной оценкой макетов. К выполнению данной части разработки обычно привлекаются специалисты-дизайнеры. Даже простое перечисление показателей этих групп (табл. 3.18) вызывает большое уважение к работе дизайнера.

Таблица 3.18

Эстетические показатели

Факторы	Единичные показатели
Информационной выразительности	Знаковости; оригинальности; стилевого соответствия; соответствия моде
Рациональности формы	Функционально-конструктивной обусловленности, эргономической обусловленности
Целостности композиции	Организованности объемно-пространственной структуры; тектоничности; пластичности; упорядоченности графических и изобразительных элементов
Совершенства производственного исполнения и стабильности товарного вида	Чистоты выполнения контуров и сопряжений, тщательности покрытий и отделки, четкости исполнения фирменных знаков и сопроводительной документации, устойчивости к повреждениям

Задача конструктора – соизмерить фантазию художника с функциональными и экономическими требованиями, с конструктивными и технологическими возможностями эстетически обоснованных решений, поскольку далеко не всегда «красота – это наивысшая степень целесообразности» (И. Ефремов). В то же время опытным конструкторам на уровне подсознания известна какая-то неформальная связь между эстетическим восприятием чертежа и конструктивным совершенством изделия. Правильно выполненная конструкция всегда «смотрится».

Соответствие показателей надежности требованиям ТЗ обеспечивается расчетами на стадии разработки и испытаниями макетов, других образцов изделий. Многие виды расчетов и испытаний на надежность в той или иной мере регламентированы нормативными документами, требования которых должны учитываться для возможности сравнения с аналогами. Обычно ссылки на эти нормативы даются при указании требований в ТЗ.

К числу строго регламентируемых, в том числе международными нормами, относятся требования безопасности, экологические и эргономические требования. Удовлетворение этих требований явля-

ется обязательным условием даже не только конкурентоспособности, но и постановки на производство и допуска к эксплуатации изделия. В большинстве своем выполнение данных требований не сводится к заданию геометрии изделия и его составных частей, к выбору материала и способа изготовления, т. е. к тем параметрам, которые указываются непосредственно на чертежах. Показатели перечисленных групп имеют довольно сложную природу и достижение их требует наряду с конструктивными и технологическими решениями проведения комплекса расчетов и испытаний на разных стадиях разработки проекта.

Обеспечение технологичности конструкции изделия. Главными факторами, определяющими технологичность конструкции изделия, являются вид изделия, объем выпуска и тип производства (табл. 3.19).

Таблица 3.19

Факторы, влияющие на технологичность конструкции изделия

Факторы	Содержание
Производственно-экономические	Объем выпуска; тип производства; сроки подготовки и освоения производства; организация изготовления, контроля и испытаний частей и изделия в целом
Конструктивные	Компоновка; разделение на составные части, их унификация и взаимозаменяемость; геометрические формы; тип материала, его структура; допускаемые отклонения размеров и формы; шероховатость и специальная обработка поверхности
Технологические	Степень освоения технологических процессов; применение специального оборудования и оснастки; расход материалов и энергии; точность изготовления; квалификация персонала и трудозатраты; методы контроля и испытаний
Эксплуатационные	Требования к надежности; затраты на обслуживание и ремонт; номенклатура и расход запасных частей

Вид изделия определяет главные конструктивные и технологические признаки, обусловливающие основные требования к технологии изготовления; объем выпуска и тип производства определяют требования к средствам технологического оснащения, к уровню автоматизации и специализации производства.

Согласно ГОСТ 2.109–73, на рабочих чертежах не допускается помещать технологические указания, ссылки на технологические инструкции, за исключением тех случаев, когда только единственный способ изготовления и контроля гарантирует требуемое качество из-

делия. Допускаются технологические требования на чертежах основного единичного или вспомогательного производства. Технологические инструкции, в которых установлены требования, обеспечивающие получение изделия с заданными показателями качества, прилагаются к комплекту КД.

В то же время конструкция детали или сборочной единицы, сведения о ней, содержащиеся в чертеже, в значительной степени влияют на выбор и применение технологических приемов, определяют затраты на их выполнение, потому необходимы и обязательны взаимная увязка и согласование конструкторской и технологической документации.

Технологические требования конструктор имеет в виду еще до начала проектирования технологических процессов. Часто разработка КД, в том числе на ранних стадиях проекта, осуществляется с участием (при консультационной помощи) представителей технологических служб. Проверка возможности изготовления изделия и с минимальными затратами составляет задачу технологического контроля (отработки конструкции изделий на технологичность) на стадии подготовки производства.

Показатели технологичности, указываемые в ТЗ, имеют, как правило, технико-экономическую природу – это показатели материало- и энергоемкости, трудоемкости, технологическая себестоимость. Они применимы для всех без исключения видов промышленной продукции. В то же время значения этих показателей опосредованы через совокупность факторов, указанных в табл. 3.19, и отражающих их параметров и характеристик, приводимых в КД и ТД. Поэтому улучшение показателей технологичности не может быть безграничным: оно не должно происходить за счет снижения других показателей качества изделия (функциональных, эргономических, экологических и т. п.).

Вопросы технологичности наиболее детально разработаны применительно к изделиям машиностроения и приборостроения, но применяемые при этом принципы имеют более широкое, общепромышленное значение. Это:

- придание изделиям возможно простой формы из числа допустимых по требованиям конструктивным, функциональным и эстетическим;
- задание значений параметров из стандартных рядов предпочтительных чисел R5 или R10 по ГОСТ 8032–84 и значений номинальных линейных размеров – из нормальных рядов по ГОСТ 6636–69, причем

желательно из числа унифицированных на предприятии, в данного типа изделиях и т. п.;

• указание наиболее высоких значений предельных отклонений размеров и формы из числа допустимых по условиям сборки, эксплуатации и ремонта;

• соответствие конструкторских и технологических баз;

• выбор наиболее дешевого (с учетом затрат на транспортировку и обработку) материала из числа пригодных для заданных условий эксплуатации;

• назначение операций формообразования с учетом объема производства и производительности имеющегося оборудования;

• применение опытно-статистических данных по аналогичным изделиям для предварительной оценки показателей технологичности.

В математических терминах обеспечение технологичности конструкции изделия – это задача на условный экстремум функции многих переменных. В некоторых относительно простых случаях решение этой задачи действительно сводится к построению соответствующей целевой функции, например для технологической себестоимости, и отысканию координат ее минимума аналитически или численно.

Для количественной оценки технологичности на стадии разработки изделия используют показатели материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости изделия, технологическую себестоимость: суммарные (общие), структурные (по видам работ, оборудования), удельные (на единицу определяющего параметра), сравнительные (по отношению к базовому значению) или относительные (как доли от суммарных). По этим показателям оценивают уровень технологичности конструкции изделия, выбирают оптимальные варианты исполнения и формообразования.

Материалоемкость оценивают как отношение:

• массы исходных компонентов материала, закладных, соединительных и иных элементов, необходимых для изготовления изделия, к их массе в изделии (коэффициенты использования материала);

• массы и (или) стоимости изделия из данных компонентов к массе и (или) стоимости базового изделия;

• массы материалов к единице полезного эффекта.

При оценке материалоемкости изделий учитывают также возможность и степень утилизации отходов.

Энергоемкость определяют по полным затратам энергии, связанным с изготовлением изделия.

Трудоемкость изготовления изделия представляют как сумму значений штучного времени на все операции. Штучное время на каждой операции определяют как сумму оперативного времени и времени организационно-технического обслуживания. В свою очередь, эти составляющие включают: оперативное время – основное технологическое (в течение которого происходит изменение формы и размеров заготовки, состояния материала) и вспомогательное (время на перемещение, установку и снятие инструмента и оснастки, на измерение), а также время организационно-технического обслуживания – время на подготовку оборудования к работе и уборку оснастки после смены (время организационного обслуживания) и время технологического обслуживания.

Технологическую себестоимость изделия выражают как сумму стоимости материалов, затрат на энергию и трудозатрат на подготовку материала, на операции формообразования, контроль и доработку изделия:

$$С_т = С_м + З + С_э + С_а,$$

где $С_м$ – стоимость материалов; З – зарплата с начислениями; $С_э$ – затраты на энергию; $С_а$ – амортизационные отчисления (затраты на восстановление оборудования и оснастки).

В первом приближении оценка технологической себестоимости, ее составляющих и цены изделия может быть проведена на основе данных о структуре этих показателей (по статьям и составляющим расходов) и значения определяющих статей. Для каждого вида изделий и определенного типа производства структура технологической себестоимости (доли затрат каждого вида) достаточно стабильна.

В тех случаях, когда какие-либо составляющие затрат разрабатываемого и базового изделий совпадают, их можно не учитывать, а оценивать лишь те составляющие, которые различаются при использовании разных вариантов конструкции или способов формообразования изделия.

Технологическую себестоимость можно приближенно оценить по стоимости материалов (компонентов), необходимых для изготовления изделия: $С_т = С_м / k_м$, где $k_м$ – доля материальных затрат в технологической себестоимости.

По технологической себестоимости сравнивают также эффективность выбора состава материала и технологических режимов при

формообразовании изделий. На рис. 3.17 в качестве примера приводятся зависимости от степени наполнения продолжительности формования и технологической себестоимости изделий из композиции «полипропилен – древесные частицы».

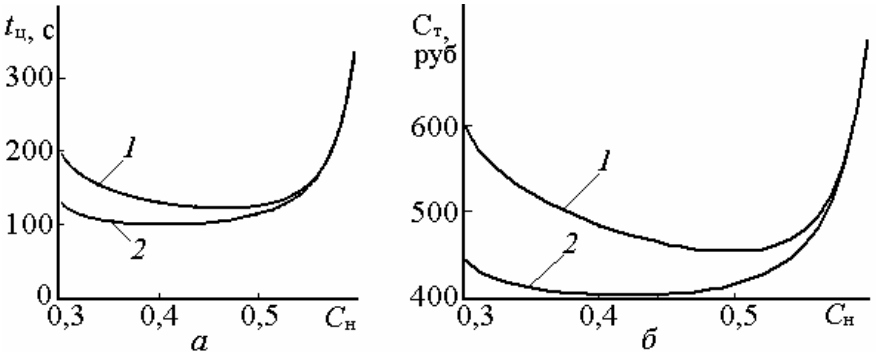


Рис. 3.17. Зависимости от степени наполнения композиции $C_н$ продолжительности цикла формования изделий (*а*) и технологической себестоимости (б), рассчитанные по критериям жесткости (*1*) и прочности (*2*)

Поскольку технологичность характеризуется не одним показателем, а их совокупностью, число аргументов целевой функции может быть большим и вид зависимости от них показателей технологичности неоднозначным, простые модели оказываются скорее качественными и весьма приближенными. Они пригодны для оценки степени влияния различных факторов на показатели технологичности.

Усложнение модели за счет учета дополнительных факторов обычно не приводит к ожидаемым результатам, поскольку осуществляется за счет введения дополнительных параметров и зависимостей, требующих обоснования и далеко не всегда обладающих достаточной точностью.

Метрологическое обеспечение разработки изделий включает:

- установление в соответствии с нормативами наименований и обозначений физических величин и их единиц; номенклатуры и значений измеряемых параметров; требований в методиках измерений;
- контролепригодность конструкции изделий – возможность, эффективность и достоверность контроля качества и взаимозаменяемости в процессе изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта изделий (ГОСТ 16504–81);
- выбор средств измерений из условия минимальной трудоемкости и себестоимости контрольных операций при заданной точности;

• применение преимущественно стандартизованных средств и методик выполнения измерений и аттестацию нестандартизованных средств и методик выполнения измерений;

• соответствие показателей точности требованиям оптимизации режимов технологических процессов, а производительности измерений – производительности технологического оборудования;

• указание об измерениях, необходимых для обеспечения безопасности труда;

• метрологический контроль КД и ТД (оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности и обеспечению методами и средствами измерений процессов разработки, изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта изделий).

3.7. Постановка на производство новой продукции

Типы производства и виды продукции. Основные понятия, относящиеся к типам машиностроительных предприятий и типам производства, приведены в табл. 3.20.

Таблица 3.20

Типы машиностроительных предприятий и производств

Термин	Определение, признаки
Машиностроение	Комплекс отраслей промышленности, предметами производства которых являются орудия труда, транспортные средства, предметы потребления и продукция оборонного назначения
Машиностроительное предприятие	Предприятие, производящее продукцию машиностроения:
специализированное	выпускающее однотипные изделия (например, осветительные приборы, подшипники)
универсальное	выпускающее продукцию многих наименований
Производство	
основное	Производство продукции для поставки
вспомогательное	Производство средств технологического оснащения, сжатого воздуха, тепловой или электрической энергии и т. д., используемых в основном производстве
опытное	Производство экспериментальных и опытных образцов (опытных партий) для проведения исследований или разработки КД и ТД

Окончание табл. 3.20

Термин	Определение, признаки
единичное	Широкая номенклатура изделий и малый объем выпуска каждого вида. Универсальные средства технологического оснащения
серийное	Ограниченная номенклатура изделий, повторяющиеся партии, сравнительно большие объемы выпуска. Применение универсальных и специализированных средств технологического оснащения. Частичное закрепление операций на рабочем месте
массовое	Узкая номенклатура и большие объемы выпуска изделий в течение продолжительного периода. Преимущественно специальные и специализированные средства технологического оснащения. Высокий уровень автоматизации. Выполнение операций на одном рабочем месте

Подготовка производства. Постановка продукции на производство согласно СТБ 972–2000 включает подготовку и освоение производства. Подготовка производства, в свою очередь, включает:

- приемку от разработчика комплекта КД и ТД опытного образца с литерами «$О_1$» (см. табл. 3.14 и 3.15);
- отработку конструкции на технологичность в соответствии со стандартами ЕСТПП;
- приемку от разработчика комплекта КД, ТД и РД на специальные средства технологического оснащения, на средства измерения и контроля (если эта разработка предусмотрена ТЗ);
- разработку КД и ТД на продукцию, если она не передана разработчиком;
- разработку, изготовление и (или) приобретение средств технологического оснащения, средств измерения и контроля;
- получение необходимых заключений и разрешений;
- заключение контрактов с поставщиками комплектующих изделий и материалов;
- обучение персонала, занятого при изготовлении, наладке, испытаниях, контроле, приемке, установке и монтаже продукции;
- разработку и выполнение других организационных и технологических мероприятий.

Подготовку производства считают завершенной, если изготовителем получена вся необходимая техническая документация, разработа-

на (отработана) ТД, опробованы и отлажены средства технологического оснащения, подготовлен персонал. Освоение производства включает следующие работы (см. рис. 3.16):

- изготовление образцов продукции установочной серии;
- квалификационные испытания установочной серии;
- выбор из установочной серии и утверждение (при необходимости) образца-эталона;
- дальнейшую доработку (при необходимости) конструкции изделия и корректировку КД и ТД с присвоением литеры «А».

Результаты квалификационных испытаний рассматривает комиссия, в состав которой входят представители изготовителя, разработчика, заказчика, других заинтересованных организаций. По результатам испытаний принимается решение о присвоении КД и ТД литеры «А» и начале серийного производства продукции. При отрицательных результатах испытаний дорабатывают КД и ТД и проводят испытания повторно. Освоение продукции считается законченным, если утвержден акт квалификационных испытаний, а КД и ТД присвоена литера «А».

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

4.1. Научные отчеты и публикации

Научные отчеты. Результаты научного исследования согласно Закону «О научной деятельности», заданиям на выполнение НИР должны быть изложены в форме, допускающей их оценку и последующее использование. Основным первичным документом, в котором излагаются результаты НИР, служит научный отчет.

Правила оформления *отчета о НИР* регламентируются ГОСТ 7.32–2001 [54]. Структурными элементами отчета являются: *титульный лист; список исполнителей; реферат; содержание*; нормативные ссылки; определения; обозначения и сокращения; *введение; основная часть; заключение; список использованных источников*; приложения. Курсивом выделены обязательные элементы, необходимость остальных определяет исполнитель. Пример оформления отчета дан в приложении 6.

Отчеты о результатах исследований, выполненных в Республике Беларусь за счет средств бюджета или с предоставлением определенных налоговых льгот, оформленные в соответствии с установленными правилами, передаются в БелИСА (см. подразд. 2.4).

Научные публикации. Результаты исследований могут быть изложены в устной или письменной форме. Насколько целесообразно их опубликование, в какой форме и в каком объеме, зависит от характера выполненной работы, ее содержания, практической, в частности коммерческой, ценности результатов. Решение об опубликовании результатов исследований принимают авторы совместно с руководством организации-работодателя и организации, финансировавшей исследования. Обычно возможность и условия опубликования результатов исследований и разработок указываются в договоре на выполнение НИОК(Т)Р (см. подразд. 3.1).

Публикация научных результатов, особенно содержащих новые технические решения или подсказывающие способы их получения, причем даже после патентования этих решений, может быть необоснованной с точки зрения перспектив последующего эффективного использования. «Продукт научного исследования после его опубликования уже не стоит ни гроша» (К. Маркс).

Чем выше практическая ценность результата, чем большую выгоду он обещает при практическом использовании, тем менее целесообразно публичное изложение этого результата. Считают, что о разработке в США атомной бомбы советские ученые догадались, обнаружив, что в научных журналах перестали печатать статьи американских ученых с результатами исследований по проблеме деления атомного ядра.

Наиболее часто и широко публикуются результаты исследований, не допускающие прямого практического применения, а именно результаты фундаментальных исследований. Их опубликование необходимо, чтобы, с одной стороны, «застолбить» авторство, а с другой – проверить реакцию научного сообщества на полученный результат, вызвать дискуссию с коллегами, услышать критическую оценку.

Устные сообщения (доклады) могут быть сделаны на научных семинарах, симпозиумах, конференциях, съездах ученых.

Семинар – форма обсуждения сообщений по определенной теме. Обычно результаты исследований сначала докладывают на семинарах научного подразделения, в котором они получены, – лаборатории, отделы, кафедры. Семинары могут проводиться и с более широким участием.

Симпозиум (от гр. *symposion* – буквально *пиршество*) – международное совещание по специальному научному вопросу.

Научная конференция – собрание представителей данной или ряда научных организаций для обсуждения каких-либо вопросов (студенческая, молодых ученых, институтская или университетская, научно-практическая, международная и т. п.).

Научный съезд – собрание научных работников с широким представительством.

Устные доклады готовят обычно в форме иллюстрированных компьютерных *презентаций*.

Часто на научных конференциях и других научных мероприятиях с широким представительством наряду с устными сообщениями в форме пленарных или секционных докладов предусматриваются и так называемые стендовые доклады, содержащие письменное (по установленной форме) изложение сути предлагаемого сообщения, в частности в форме распечатанного текста доклада с иллюстрациями. Практикуется публичное обсуждение результатов непосредственно возле стенда или в специально отведенное время на секционных заседаниях.

Основные положения доклада на семинаре, конференции, другом мероприятии могут быть опубликованы в форме *тезисов* до начала данного мероприятия.

В тезисах докладов (объем их, как правило, до 2 страниц) обычно указывают решаемую проблему, цель исследования, постановку задачи, применяемый метод, новые научные результаты, сравнение их с известными и выводы.

Полный или сокращенный текст доклада также может быть опубликован в *материалах научной конференции*. Требования к оформлению текста организаторы конференций доводят до ее возможных участников заблаговременно.

Поскольку заявки на выступления на научных мероприятиях обычно рецензируются и отбираются, содержание докладов должно в полной мере соответствовать тематике мероприятия, а тезисы и тексты докладов должны быть оформлены в соответствии с правилами, установленными организаторами, и отчетливо свидетельствовать о новизне предлагаемых для публикации результатов.

Наиболее важные результаты научных исследований обычно публикуются в виде статей в различных научных и научно-технических (научно-практических) изданиях.

В научном мире наиболее ценными считаются публикации в международных научных журналах, учитываемых при определении *индекса цитирования* (см. ниже) или переиздаваемых за рубежом на английском языке. К ним относятся и некоторые научные издания Республики Беларусь.

Другой высокий уровень публикаций – статьи в рецензируемых научных журналах, перечисленных в специальном списке (по каждой отрасли наук), утвержденном ВАК Республики Беларусь. Определенное число публикаций в журналах из этого списка является обязательным условием для признания достаточного уровня опубликования результатов диссертационного исследования. В данные списки включены международные журналы; журналы, издаваемые НАН Беларуси; сборники научных трудов наиболее авторитетных научных учреждений и университетов.

Требования к оформлению рукописей статей в журналах и сборниках трудов в каких-то элементах различаются. В то же время они содержат в качестве обязательных условие соответствия профилю журнала, наличия и обоснованности научной новизны результатов, четкости и грамотности изложения и т. п. (см. приложение 8).

Диссертации на соискание ученой степени. Кандидатская диссертация должна содержать новые научные теоретические и (или) экспериментальные результаты по одному из актуальных направлений научных исследований. Докторская диссертация должна быть посвя-

щена разработке нового научного направления или концептуальному развитию одного из существующих актуальных научных направлений и содержать принципиально новые результаты, совокупность которых является крупным достижением в соответствующей отрасли науки [60].

Диссертация – самостоятельно выполненная квалификационная научная работа, имеющая внутреннее единство и свидетельствующая о личном вкладе автора в науку. Она посвящена решению научной задачи или изучению выбранной научной проблемы и должна содержать:

- обоснованную постановку научной задачи (проблемы);
- аналитический обзор литературы по теме;
- положения, выносимые на защиту (конкретные формулировки самостоятельно полученных новых научных результатов, за которые автору может быть присуждена ученая степень);
- описание используемых при проведении исследований материалов и методов, изложение полученных результатов и их анализ, а также выводы по каждой главе;
- общие выводы по диссертации в целом с краткой формулировкой основных научных результатов, указанием их новизны и значимости;
- рекомендации по использованию полученных научных результатов;
- список использованных источников;
- список публикаций автора, содержащих основные научные результаты диссертации.

Диссертация представляется к защите в виде специально подготовленной рукописи. Название диссертации должно отражать цель проведенных исследований и соответствовать ее содержанию.

Полученные автором новые научные результаты должны быть опубликованы, доказаны на основе научной методологии, принятой в данной отрасли науки, и объективно оценены в сопоставлении с известными.

По материалам диссертации печатается автореферат, который должен отражать ее основное содержание, повторять защищаемые положения, результаты и выводы.

4.2. Правовая защита технических решений

Объекты и формы правовой защиты. Результаты исследований и разработок как творческого труда авторов согласно Гражданскому кодексу Республики Беларусь могут относиться к объектам интеллектуальной собственности (ОИС) и подлежать правовой защите. За-

конодательство устанавливает личные неимущественные и имущественные права авторов на результаты интеллектуальной деятельности.

Согласно требованиям нормативных документов [38, 52], результаты НИОК(Т)Р – новые знания и способы их применения, полученные теоретически или экспериментально, образцы новых изделий и (или) конструкторская документация, новые технологии и другие результаты, зафиксированные на любом информационном носителе. Результаты, полученные по работам, полностью финансируемым за счет средств республиканского или местных бюджетов, закрепляются за Республикой Беларусь или ее административно-территориальной единицей в лице государственного заказчика.

Государственная организация-исполнитель в соответствии с договором на выполнение НИОК(Т)Р вправе использовать результаты НИОК(Т)Р для собственных нужд без передачи права использования указанных результатов третьим лицам (за исключением работ, выполненных в интересах обороны страны и охраны здоровья). Если НИОК(Т)Р выполняются не только за счет средств республиканского или местных бюджетов, права на их результаты распределяются между финансирующими сторонами в соответствии с долями осуществленного финансирования.

Распоряжение результатами НИОК(Т)Р, которые являются объектами права промышленной собственности, осуществляется государственным заказчиком, если иное не предусмотрено законодательством или условиями заключенного договора на выполнение НИОК(Т)Р. Права на использование результатов НИОК(Т)Р могут передаваться правообладателями организации-пользователю на основании договора в соответствии с законодательством.

Распоряжение правами на результаты НИОК(Т)Р включает возможность осуществления следующих действий:

- опубликование в открытой печати и иное обнародование результатов НИОК(Т)Р;
- использование результатов НИОК(Т)Р в деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, в том числе для собственных нужд;
- приобретение исключительных прав на объекты права промышленной собственности, созданные при выполнении НИОК(Т)Р, включая патентование результатов НИОК(Т)Р или охрану их в режиме нераскрытой информации (ноу-хау);
- распоряжение правами на результаты НИОК(Т)Р, являющиеся объектами права промышленной собственности, в том числе предо-

ставление права на использование объектов права промышленной собственности и уступку исключительных прав на объекты права промышленной собственности;

• передача права на использование результатов НИОК(Т)Р, не являющихся объектами права промышленной собственности.

Отношения, связанные с исключительным правом (интеллектуальная собственность) гражданина или юридического лица на охраняемые результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации юридического лица, продукции (работ, услуг), регулируются международными договорами, заключенными Республикой Беларусь, и законодательством Республики Беларусь.

Личное неимущественное право (право авторства) – право признаваться автором, оно принадлежит только лицу, творческим трудом которого получен данный результат, и не может ни отчуждаться, ни передаваться другим лицам. Если результат создан творческим трудом двух и более лиц, то они признаются соавторами.

Право авторства распространяется как на обнародованные, так и необнародованные произведения науки, литературы и искусства, являющиеся результатом творческой деятельности, независимо от назначения и достоинства произведения, а также от способа его выражения. Произведение может быть представлено в письменной или устной (публичное воспроизведение), в объемно-пространственной (модель, макет, сооружение) или иной форме, в виде звуко- или видеозаписи, изображения (рисунок, эскиз, чертеж, видео и др.). Право авторства распространяется не на собственно идею, метод, процесс, систему, концепцию, принцип, открытие, факт, а лишь на их выражение (материализацию) в той или иной форме, и не связано с правом собственности на материальный объект, в котором произведение выражено.

К объектам авторского права относятся, в частности, книги, статьи, рефераты и другие печатные издания, аудиовизуальные произведения, компьютерные программы, базы данных и др.

Имущественное право – исключительное право на использование объекта интеллектуальной собственности, включая передачу по договору другим лицам полностью или частично. Оно принадлежит работодателю, если этот объект создан в ходе выполнения автором его служебных обязанностей, или другому лицу, по договору с которым создан данный объект.

Право на изобретение, полезную модель, промышленный образец удостоверяется патентом. Имущественные и связанные с ними личные неимущественные отношения, возникающие в результате созда-

ния и использования изобретений и полезных моделей, регулируются законом [41]. Срок действия патента на изобретения 20 лет, на полезную модель – 5 лет с правом продления, но не более чем на три года.

Наличие патента только обозначает право патентообладателя на экономическую выгоду, но реализуется это право лишь при условии использования запатентованного технического решения в коммерческой деятельности патентообладателя или другого субъекта хозяйствования, который приобрел у патентообладателя такое право на основе лицензионного договора.

Лицензионный договор – разрешение, выдаваемое обладателем исключительного права на использование результатов интеллектуальной деятельности (лицензиаром), другой стороне – лицензиату использовать соответствующий объект интеллектуальной собственности. Он может предусматривать оплату в той или иной форме за использование данного объекта.

Лицензионный договор может сохранять за лицензиаром право передавать его и другим лицам (простая, неисключительная лицензия) или сохранять за лицензиаром право использовать объект, но не без права выдачи разрешения на его использование другим лицам (исключительная лицензия). Возможны и иные варианты заключения лицензионного договора.

Исключительное право на результат интеллектуальной деятельности не зависит от права на материальный объект, в котором выражен этот результат. Так, право на новое техническое решение, реализованное в конструкции автомобиля, не распространяется на сам автомобиль.

Гражданским кодексом предусмотрены меры защиты прав на объекты интеллектуальной собственности, включая пресечение действий и признание недействительной сделки, нарушающих право собственника, путем возмещения убытков и иными способами.

Вопрос о целесообразности и форме правовой защиты нового технического решения как объекта интеллектуальной собственности решают автор (соавторы) и наниматель, если решение создано в результате деятельности, которая входит в круг служебных обязанностей автора (так называемые служебные изобретения или полезные модели), или заказчик, если объект создан по договору. В случае создания патентоспособного технического решения в результате выполнения служебных обязанностей или в соответствии с договором автор обязан письменно сообщить об этом соответственно нанимателю или заказчику. При отказе нанимателя от притязаний на патент или отсут-

ствии его извещения в течение трех месяцев автор имеет право подать заявку на патентование самостоятельно.

За подачу и экспертизу заявки, за выдачу патента и поддержание его в силе патентообладатель уплачивает пошлину в установленном размере, поэтому вопрос о целесообразности патентования и форме объекта рассматривается с учетом экономических соображений.

Защита конструктивного исполнения изделия возможна в форме патента на изобретение или патента на полезную модель. К уровню новизны полезной модели предъявляются менее жесткие требования, чем к изобретению, следовательно, меньше затраты на оформление заявки и сроки получения патента. С другой стороны, затраты на патентование полезной модели и поддержание патента в силе выше, чем изобретений, а сроки защиты – намного меньше.

При решении вопроса о патентовании учитывают и ряд других обстоятельств.

Во-первых, изложение сущности технического решения в описании патента может помочь реализовать его без технической помощи и разрешения патентообладателя потенциальному конкуренту, тем более зарубежному, поскольку патент защищает имущественные права только на территории государства, патентным органом которого он выдан (например, патент Республики Беларусь – только на ее территории).

Во-вторых, считается применением запатентованного технического решения, если в продукте или при его изготовлении использован каждый признак изобретения (полезной модели), включенный в независимый пункт формулы, или эквивалентный ему. Потому достаточно «обойти» или не использовать хотя бы один пункт, чтобы не нести ответственность за нарушение прав патентообладателя.

Далее, Закон [41] оговаривает дополнительно целый ряд случаев, которые не признаются нарушениями прав патентообладателя. В их числе: применение технического решения в конструкции транспортных средств, находящихся на территории Республики Беларусь временно или случайно; в чрезвычайных обстоятельствах; в научных или иных некоммерческих целях; применение тождественного технического решения, использовавшегося ранее (до даты приоритета) или подготовленного к использованию до этого срока.

Если во внешнем образе изделия, защищаемом патентом на промышленный образец, в конструкции, защищаемой патентом на изобретение или полезную модель, визуально, например, при анализе демонстрируемого на выставке или реализуемого на рынке образца, еще

можно выявить наличие запатентованного технического решения, то совсем непросто обнаружить и, тем более, доказать, что при изготовлении данного продукта применен именно запатентованный способ или состав материала. Идеальным вариантом патентования считается защита лишь «видимой» части технического решения, которая содержит в себе и обнаруживает положительный эффект, и умалчивание другой части, обеспечивающей реализацию данного решения (сохранение *ноу-хау*). Однако на практике реализовать такую стратегию удается далеко не всегда.

С учетом указанных обстоятельств зарубежные фирмы – производители того или иного вида продукции не спешат патентовать составы композиций, способы получения новых материалов или изделий до тех пор, пока сами используют или планируют использовать их в своей продукции или в производстве. Лишь в связи с подготовкой к продаже лицензии другим предприятиям и при условии, что правовая защита ноу-хау может оказаться недостаточной, а также при наличии информации о возможном использовании данного или аналогичного технического решения потенциальными конкурентами подается заявка на выдачу патента в тех странах, где целесообразна правовая защита.

В целесообразности правовой защиты технических решений, предназначенных для реализации на рынке, убеждают многочисленные как позитивные, так и негативные примеры. Один из них связан с самым массовым видом стрелкового оружия – автоматом Калашникова, находящимся на вооружении в 50 странах мира и называемым в западных СМИ «любимым оружием террористов». В свое время в Советском Союзе не было принято, передавая производство предметов вооружения в «братские» страны, защищать патентами заложенные в них технические решения. А потому считают, что сегодняшняя Россия «теряет» (точнее, недополучает) только из-за несанкционированного производства автоматов Калашникова в бывших «братских» странах до 2 млрд. долларов США в год, а отсутствие юридических оснований не позволяет предъявить ей к производителям претензии, обоснованные нормами международного права.

Более активно патентуют новые технические решения их разработчики – научные институты, университеты, малые научно-технические фирмы, которые не планируют использовать эти решения в собственных продуктах и производствах. В то же время наличие патента повышает привлекательность разработки для потенциальных лицензиатов (гарантирует ее новизну), свидетельствует о высоком уровне разработки и тем самым повышает престиж разработчика.

Выше уже отмечалась относительно низкая активность предприятий Республики Беларусь в части патентной защиты новых технических решений. Однако это обусловлено совсем не тем, что такие решения успешно используются ими в производстве, приносят большой доход, а потому нет смысла их обнародовать.

Как свидетельствует статистика [21], в Республике Беларусь более половины передовых технологий создаются и патентуются научными институтами, а не промышленным предприятиями. В 2007 г. научным учреждениям выданы 49 из 68 патентов на передовые технологии и лишь 6 – всем предприятиям промышленности вместе взятым.

Среди областей применения передовых технологий, на которые выданы патенты, лидирует здравоохранение – 15,7%. В области государственного управления *передовых технологий* запатентовано больше, чем, скажем, в таких важнейших производственных отраслях, как добыча нефти, производство стали или неметаллических материалов. Коммерческие сделки по экспорту патентных лицензий на изобретения предприятиями нашей страны в 2007 г. вообще не заключались, а объем экспорта ноу-хау оказался меньше импорта в 64 раза.

Очевидно, что в данной сфере научно-технической деятельности имеется огромный резерв. Однако для реализации этого резерва необходимо создать экономические условия мотивации, усовершенствовать механизмы стимулирования изобретательства, создания и использования объектов интеллектуальной собственности, развивать систему информационно-методических услуг, улучшить материально-техническое и кадровое обеспечение данной сферы [25].

Выявление патентоспособных технических решений. Задача обеспечения патентной чистоты планируемой к производству продукции и создания патентоспособных объектов обычно ставится в ТЗ на выполнение предпроектных исследований и разработок (см. подразд. 3.1, приложения 2 и 3).

В результате патентных исследований (см. подразд. 3.5) анализируется уровень техники, выявляются известные технические решения предмета разработки – аналоги, в том числе защищенные патентами Республики Беларусь и за рубежом. Результаты патентного поиска отражаются в отчете о патентном исследовании (приложение 4). Именно эти результаты служат обычно основой для выработки новых технических решений.

Определенные идеи относительно возможных вариантов решения поставленной задачи имеются, как правило, еще до заключения договора и подготовки ТЗ на исследования и разработки. К моменту фор-

мулирования задач патентных исследований эти идеи обретают форму предложений для возможного патентования и отражаются в виде формул предполагаемых изобретений. В этом случае оценка патентоспособности новых технических решений входит в число задач патентно-информационного исследования.

И, наконец, в процессе проработки конструкции изделия, технологии его изготовления, испытаний материалов и макетов изделий выявляются недостатки известных или предложенных в ходе разработки вариантов исполнения, появляются предложения по их устранению, т. е. те самые противоречия, которые и служат движущей силой творческого процесса (см. подразд. 3.5). Для выяснения патентоспособности этих технических решений необходим анализ патентной документации, но уже целенаправленный – «сопоставительный». В результате его выявляют существенные признаки аналогов, выделяют наиболее близкий из них – прототип, существенные признаки которого указывают затем в ограничительной части формулы изобретения или полезной модели, и оценивают отличительные признаки предлагаемого технического решения.

Обязательным компонентом патентного поиска при разработке новых видов продукции является анализ новых технических решений, относящихся к дизайну и защищаемых патентами на промышленные образцы в странах – потенциальных потребителях продукции. Это оградит от возможных претензий конкурентов и патентообладателей.

В принципе возможно создание новых технических решений и даже патентоспособных без проведения патентных исследований. Возможна и их правовая защита в форме ноу-хау. Однако правовая защита этих решений в форме патента на изобретение или полезную модель без признания их таковыми уполномоченным патентным органом уже невозможна. Для получения патента необходимо подготовить описание и формулу изобретения или полезной модели по установленной форме, что возможно лишь при наличии сведений об уровне техники, т. е. известных аналогах.

Подготовка заявки на патентование новых технических решений требует помимо профессиональных знаний в области техники, к которой относится данное решение, критериев патентоспособности (см. подразд. 3.5), еще и знания основных правил составления заявочных документов.

Правила составления заявок. Заявка на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение, подаваемая в Национальный центр интеллектуальной собственности, включает следующие документы [10, 68]:

• заявление о выдаче патента (по установленной форме) с указанием автора (соавторов) изобретения и лица, на имя которого испрашивается патент, а также его местожительства или местонахождения;

• описание изобретения, раскрывающее его с полнотой, достаточной для осуществления;

• формулу изобретения, выражающую его сущность и полностью основанную на описании;

• чертежи или иные материалы, если они необходимы для понимания сущности изобретения;

• реферат.

К заявке прилагается документ, подтверждающий уплату патентной пошлины.

Приводимые ниже некоторые выдержки из Правил [68] не могут служить руководством по составлению заявок, а лишь иллюстрируют содержание заявочных документов.

Описание изобретения начинается с названия изобретения и индекса рубрики МПК, названия разделов в тексте не указываются.

Название изобретения характеризует его назначение и соответствует его сущности. Оно должно быть в единственном числе, кратким, лаконичным.

Раздел «Область техники, к которой относится изобретение» содержит сведения о назначении объекта изобретения и области его применения.

В разделе «Уровень техники» приводятся сведения об известных заявителю аналогах изобретения со ссылками на источники информации. Указываются признаки аналога, которые совпадают с признаками заявленного изобретения. Выделяется аналог, наиболее близкий к изобретению по совокупности признаков (прототип).

В разделе «Сущность изобретения»:

• раскрывается техническая задача, на решение которой направлено заявленное изобретение, с указанием технического результата, который может быть получен при использовании изобретения, в частности снижение (повышение) коэффициента трения, снижение вибрации, повышение производительности и т. п.;

• выделяются признаки, отличающие изобретение от наиболее близкого аналога, и указывается совокупность существенных признаков, обеспечивающая получение технического результата;

• раскрывается и по возможности обосновывается причинно-следственная связь между признаками изобретения и ожидаемым техническим результатом.

Приводимый далее перечень фигур чертежей и иных материалов может содержать краткое изложение того, что изображено на каждой из них.

В разделе «Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения» приводятся сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения и получения технического результата. В данном разделе должны быть упомянуты все признаки изобретения, содержащиеся в формуле как в отличительной, так и в ограничительной части. Это относится к признакам как независимых, так и зависимых пунктов.

Приводятся сведения о конкретных средствах реализации изобретения. Новые средства должны быть описаны, а известные указаны со ссылкой на источник информации. Приводятся подтверждения возможности получения заявленного технического результата, в том числе в разных частных формах его реализации, а при указании признаков в виде интервала значений – возможность получения технического результата в этом интервале.

Описание устройства дается в статическом состоянии со ссылками на фигуры чертежей. Затем приводится описание действия устройства или способ его использования в режиме, обеспечивающем достижение заявленного технического результата. При использовании в устройстве новых материалов описывается способ их получения.

При описании способа указываются операции, действия, приемы, последовательность и условия их проведения, а также средства, используемые при реализации. Если они известны, достаточно только указания. Неизвестные операции, приемы и средства описываются подробно. При использовании в способе новых веществ описывается способ их получения.

В качестве сведений, подтверждающих возможность осуществления способа, могут приводиться примеры реализации способа, в том числе предпочтительного варианта.

В описании способа получения изделия, элемент которого или само изделие изготовлены из материала неустановленного состава и (или) структуры, приводятся сведения о материале и свойствах материала, которые позволяют его идентифицировать, а также данные об эксплуатационных характеристиках элемента и (или) изделия.

Если изобретение относится к композиции (смеси, раствору, сплаву, стеклу и т. п.), приводятся примеры с указанием ингредиентов, входящих в состав композиции, их количественное соотношение, а также структурные характеристики. Описывается способ получения

композиции, а если она содержит в качестве ингредиента новое вещество, то описывается способ его получения.

Формула изобретения – это логическое определение изобретения совокупностью всех его существенных признаков, служащее для определения объема правовой охраны, предоставляемой патентом.

Все признаки, содержащиеся в формуле изобретения, должны быть хотя бы упомянуты в описании.

Ссылки на чертежи обычно используются при характеристике объектов, отличающихся формой выполнения, которая не может быть описана словесно или математически, а также когда объектами изобретения являются вещества, свойства которых могут быть описаны лишь с помощью графиков и диаграмм, или биотехнологические продукты, словесная характеристика которых затруднительна или приводит к чрезмерному загромождению формулы изобретения.

Многозвенная формула может характеризовать группу изобретений, представляющую собой варианты изобретения, то есть объекты одной категории, близкие по технической сущности, имеющие одинаковое назначение и обеспечивающие получение одного и того же технического результата.

Независимый пункт формулы включает родовое понятие, отражающее назначение, с которого начинается изложение формулы, и состоит, как правило, из ограничительной части, включающей признаки изобретения, совпадающие с признаками наиболее близкого аналога, и отличительной части, включающей признаки, которые отличают изобретение от наиболее близкого аналога.

Зависимый пункт формулы изобретения содержит развитие и (или) уточнение совокупности признаков изобретения, приведенных в независимом пункте, признаками, характеризующими изобретение лишь в частных случаях его выполнения или использования.

Ограничительная часть зависимого пункта формулы состоит из родового понятия, как правило, сокращенного по сравнению с приведенным в независимом пункте, и ссылки на независимый и (или) зависимый (зависимые) пункт (пункты), к которому (которым) относится данный зависимый пункт. При подчиненности зависимого пункта нескольким пунктам формулы ссылки на них указываются с использованием альтернативы.

Признаки устройства могут быть описаны через функциональные характеристики этих средств, например, вместо «устройство снабжено вентилятором, служащим для охлаждения какого-либо узла», можно указать, что устройство снабжено средством для охлаждения узла.

В формулу изобретения, относящегося к способу, включаются признаки, отражающие наличие действий или операций, совокупность которых обеспечивает возможность реализации способа, порядок выполнения таких действий или операций, условия и режимы их осуществления, а также средства, с помощью которых реализуется способ (сырье, реагенты, приспособления).

Признаки композиции, характеризующие входящие в нее ингредиенты и их количественное содержание, выражаются, как правило, значениями, определяющими минимальный и максимальный пределы содержания.

Примеры формул изобретения содержатся в приложении 4.

Реферат изобретения объемом обычно до 150 слов составляется для информационных целей и включает область техники, к которой относится изобретение; сущность изобретения и достигаемый технический результат; чертеж, если на него имеются ссылки в тексте.

Заявку на выдачу патента Республики Беларусь на полезную модель подают в Национальный центр интеллектуальной собственности согласно Правилам [69]. Структура описания и формулы полезной модели аналогична структуре описания и формулы изобретения.

4.3. Критерии и методы оценки результатов научной и инновационной деятельности

Критерии оценки. Согласно определению (см. подразд. 1.1), результат фундаментальных исследований – новые знания (информация), а результат прикладных исследований в области техники и технологий – новые технические решения, в частности, подлежащие патентной защите как ОИС.

Результаты научной деятельности могут быть *конечными*, *промежуточными и побочными*. К конечным результатам относятся знания и (или) объекты, созданные или полученные как итог научных исследований, предусмотренный договором или служебным заданием. К промежуточным результатам относятся знания и (или) объекты, созданные или полученные в процессе проведения научных исследований и предусмотренные договором или служебным заданием, а к побочным – знания и (или) объекты, созданные или полученные в процессе или в результате проведения научных исследований в соответствии с договором или служебным заданием, но не предусмотренные этими документами и пригодные для использования исключительно в

целях, отличающихся от тех, которые были оговорены в договоре или служебном задании.

Новые знания и технические решения могут быть использованы для создания новой наукоемкой продукции, новых и высоких технологий, но не напрямую, а через посредство ОК(Т)Р и освоение продукции и технологий, т. е. в результате инновационной деятельности. Ввиду разнообразия задач, решаемых на стадиях фундаментальных и прикладных исследований, разработок и инновационной деятельности, различаются и критерии оценки их результатов.

Оценка результатов научной деятельности осуществляется в целях объективного соизмерения объема затраченных финансовых, материальных, интеллектуальных и иных ресурсов, определения научной и практической (экономической, социальной, экологической, оборонной) полезности выполненных фундаментальных и прикладных научных исследований. Порядок оценки определяет Совет Министров Республики Беларусь. Результаты оценки научной деятельности могут быть использованы при определении перспективности научных направлений, принятии решений о продолжении или прекращении финансирования работ, дифференциации размеров фондов оплаты труда и заработной платы, а также аттестации научных работников [38].

Результаты исследований могут быть оценены по потенциальному (возможному при идеальных условиях) эффекту. Эффект прикладных исследований может быть также приближенно оценен или рассчитан как ожидаемый. Реальным он станет только после использования результатов исследований в производстве. Потому различны критерии и методы оценки эффективности НИР, ОКР и инновационных проектов. Применение единых подходов и критериев для оценки результатов фундаментальных и прикладных исследований, разработок и инновационных проектов не имеет логического основания.

Первичная апробация (от лат. *approbation – одобрение*, *утверждение*, или «проверка результатов научной деятельности с целью установления их пригодности для достижения конкретных целей» [38]) осуществляется путем экспертизы заявок на финансирование исследований и разработок. Создана государственная системы экспертизы предложений, претендующих на финансирование за счет средств бюджета.

Результаты научных исследований должны оцениваться по критериям новизны, значимости для науки и практики, объективности, доказательности и точности. Эти критерии применяются (правда, в далеко не безупречной редакции) при «оценке эффективности научных,

научно-технических и инновационных разработок» согласно рекомендациям, утвержденным постановлением НАН Беларуси и ГКНТ [59]. Они излагаются ниже.

Согласно критерию новизны, высший уровень (принципиально новая научная информация) соответствует открытиям, подтвержденным общественным признанием в форме экспертных заключений высококвалифицированных ученых в соответствующей научной области, а также изобретениям, на которые получены патенты. Другие уровни новизны определяются путем соотнесения с высшим.

Критерий значимости для науки и практики выражается через масштабы влияния на науку, экономику, социальную сферу, экологию результатов:

- фундаментальных исследований – интервалом от распространения уже известных знаний и передового опыта до коренных преобразований в науке, технике, экономике, социальной и иных сферах;
- прикладных исследований – от реализации их результатов на отдельном предприятии до применения в масштабе национальной экономики.

Критерий объективности отражает степень обоснованности результата научного исследования, которая может выявляться посредством учета квалификации и компетентности разработчиков и экспертов (здесь нельзя удержаться от комментария, поскольку предлагается откровенно субъективистский подход: объективность может оценена проверкой соответствия результата реальности, но не квалификацией и авторитетом эксперта).

Критерий доказательности предполагает учет характера применяемой информации, способов ее получения и обработки (использование научной литературы, опыта, экспериментов, испытаний, математических методов). Степень доказательности результатов может изменяться в пределах от неопределенности до возможности воспроизведения и применения на практике. Степень доказательности результатов определяется экспертным путем (и снова субъективная оценка, тогда как очевидно, что доказательность здесь следует рассматривать как реализацию принципа соответствия, изложенного в подразд. 3.2).

Критерий точности отражает степень соответствия модели (образца) стандартам (техническим условиям, техническому заданию, основным показателям бизнес-плана) и может характеризоваться от несоответствия до полного соответствия. По критерию точности классифицируют результаты прикладных исследований при создании дей-

ствующих моделей и образцов новой техники и технологий, а также результаты исследований, включенных в инновационный процесс. И здесь наблюдается некоторое отклонение от определения термина «точность», данного в метрологии [2] и отражающего степень близости результатов к истинному значению (см. подразд. 3.3).

Предлагается выражать степень соответствия критериям через значения конкретных показателей. Показатели могут быть количественными (число изобретений, патентов, лицензий и т. д.) и качественными (принципиально новая информация, соответствие мировому научно-техническому уровню и т. д.). Качественные показатели могут также быть выражены количественно с использованием условных единиц (баллов, коэффициентов и других). Состав применяемых показателей определяется с учетом отрасли науки (естественные, технические и общественные науки) и вида научных исследований (фундаментальные, прикладные).

В принципе, аналогичные подходы реализованы и в НАН Беларуси при оценке труда научных работников (при определении «индекса уровня достижений» с целью установления персональных надбавок). Каждый критерий выражен через группу показателей, оцениваемых от 1 до 5 баллов. Балл 5 присваивается наивысшему достижению по каждому критерию, а именно в области естественных и технических наук:

- по критерию новизны – результатам, содержащим научное открытие, принципиально новую информацию, новые теории и закономерности и выраженным в новых методах, способах, устройствах и веществах;
- критерию научной значимости – результатам, означающим прогресс в мировой науке, способствующим развитию отечественной науки, оказывающим большое влияние на развитие экономики страны, решение ее социальных, экологических и других проблем;
- критерию научно-технического уровня – результатам, по всем параметрам превышающим мировые образцы техники и технологий;
- критерию конкурентоспособности техники и технологий – результатам, обеспечившим масштабную реализацию техники, технологий, изделий на внутреннем рынке, рынке СНГ и дальнего зарубежья;
- критерию экономической эффективности – результатам, обеспечившим получение экономического эффекта при сроке окупаемости затрат до 3 лет;
- критерию экологического эффекта – результатам, обеспечившим создание безотходной технологии.

Здесь наряду с научными достижениями оцениваются и результаты их использования в технике, экономике, социальной сфере, что не соответствует указанному выше принципу дифференцированной оценки результатов фундаментальных и прикладных исследований, разработок и инноваций. Изложенный подход отражает желание не только получать от каждого научного работника (независимо от характера выполняемых им исследований) выдающиеся научные достижения, но и тут же на их основе создать новые виды продукции, освоить их производство, произвести и выгодно продать, получив не менее выдающиеся экономические и иные практические результаты. И хотя это понятно («Осень кусить хосетса»), но уж слишком идеализировано.

Публикации как мера научных достижений. В качестве меры успехов в отдельных разделах науки и результативности труда научных коллективов часто используют число опубликованных научных работ, число *ссылок* на эти работы (индексы цитирования), число ОИС, созданных на основе новых идей, и др. Оценка результатов научной деятельности по интенсивности публикаций дает возможность проследить динамику развития науки и ее отдельных направлений. Это предмет научной дисциплины, называемой *наукометрией* [11].

Объем опубликованных работ и индексы цитирования (*science citation index*) служат также условными показателями результативности труда научного работника. В то же время число и объемы публикаций характеризуют часто не только истинный уровень квалификации научного работника, но и его личные планы и амбиции, желание и склонность к самовыражению, наличие других побудительных мотивов, а также коммуникабельность и взаимоотношения с коллегами. Нередко большое число публикаций по одной или близким темам свидетельствует не столько о глубоком и всестороннем исследовании актуальной проблемы, сколько формирует «информационный шум».

Ссылка – указание на предшествующие работы, на заимствование результатов. Ссылки обязательны в диссертациях, научных отчетах, описаниях новых технических решений, заявляемых для патентования.

Наличие, число и характер ссылок в научных статьях и докладах, в отчетах и монографиях – это, скорее, вопрос научной этики. Большое число ссылок типично в работах по химии, физике, математике. Намного меньше дается ссылок в трудах по техническим и гуманитарным наукам [11]. И не только потому, что «новое – это хорошо забытое старое» (Кузьма Прутков).

Обилие ссылок на труды предшественников типично в работах ученых западных стран, где намного лучше информационное обеспечение, поддерживаются более тесные контакты между коллегами по научному цеху. Подсчитано, что 50% ссылок в зарубежных публикациях дается на работы менее чем трехлетней давности и только 20% – на более чем семилетней. Однако ссылки на русскоязычные издания крайне редки.

Небольшое число ссылок в статьях, написанных учеными из стран СНГ, можно объяснить меньшей доступностью научной информации, особенно периодических изданий, материалов конференций, а также менее интенсивными контактами с зарубежными коллегами. Часто оказывается намного проще и дешевле решить задачу, чем найти сведения о ее решении другими.

Многие временные изменения в жизни человечества, включая развитие науки и техники, характеризуются логистической кривой (см. рис. 3.3). При этом наблюдаются пульсирующие циклы (закон пульсирующего роста Сен-Симона). Установлено, что число публикаций в мире удваивается за 10–15 лет (кроме периода мировых войн), число ученых возрастает на 4–6% в год, стоимость оборудования увеличивается на 15% в год и удваивается каждые пять лет. При этом относительный ежегодный прирост указанных показателей остается почти неизменным (закон экспоненциального роста Г. Адамса).

Число исследователей в некоторой области фундаментальных наук наиболее интенсивно возрастает после достижения определенных результатов в данной области. Подмечено, что перспективы развития данной отрасли определяют немногие ученые, способные быстро схватывать новые идеи и разрабатывать их в кратчайшие сроки, а наибольшее число исследователей приходится на период, когда плодотворные идеи уже исчерпаны.

Методы экспертных оценок. Во всех указанных выше случаях оценка основывается на заключениях экспертов. Экспертный метод оценки научного труда получил широкое распространение и считается часто единственно возможным, поскольку «”*дуромер*” еще никто не изобрел» (В. А. Белый).

Метод включает совокупность логических и математико-статистических процедур для получения и обработки мнений специалистов. Он используется не только в научной, но во многих иных сферах деятельности.

В некоторых видах спорта, например в гимнастике, прыжках в воду, фигурном катании на коньках, – там, где невозможно оценить

успех спортсмена только количественно, эксперты (судьи) выставляют свои оценки (баллы) по двум критериям: «за технику» и «за художественное впечатление».

Экспертный метод применяют для принятия технических решений и при оценке готовой продукции, если затруднительна количественная оценка показателей качества.

Применение метода предполагает выполнение некоторых формализованных процедур: предварительное обучение экспертов; запись результатов, выработку критериев оценки, способов обработки результатов и принятия решения.

По способу получения оценки различают следующие варианты метода:

- ранжирование (расположение оцениваемых объектов в порядке возрастания и убывания признака);
- выставление баллов с последующим вычислением среднего значения, медианы (соответствующей мнению половины экспертов) и моды (соответствующей наибольшему числу оценок) и показателей отклонений в оценках (балльный метод);
- получение согласованной информации в результате обмена мнениями (метод Дельфи);
- голосование и принятие оценки по большинству мнений (метод комиссий);
- расстановку приоритетов и др.

Различаются также подходы к оценке результатов планируемых (заявляемых) исследований и разработок или уже выполненных. В первом случае существенно выше неопределенность условий и получаемых результатов. Но и экспертная оценка результатов законченных НИР также не всегда приводит к однозначному заключению.

При оценке заявленных проектов (предполагаемых результатов) используют как качественные (принять или отклонить проект), так и количественные (относительно объема финансирования, сроков выполнения, уровня значимости, степени риска и т. п.) показатели и критерии. Качественные критерии в большей мере субъективны, а количественные – более формальны и не всегда достаточно информативны. «Имеющиеся количественные оценки эффекта и затрат в сфере НИР разработаны весьма слабо. Еще меньше известно о механизме превращения затрат в эффект, потому опасно преувеличение количественных показателей. Впечатляющие цифры отдачи НИР в краткосрочном периоде могут оказать тормозящее действие на осуществление рискованных, но более обстоятельных НИР, ориентированных на получение новых идей и разработку творческих решений большой

значимости» [34]. Поэтому на практике предпочитают сочетание количественных и качественных критериев.

Качественные критерии используют для оценки соответствия тематики исследований стратегии государства, предприятия, установленным приоритетам, текущим и перспективным задачам.

Применяемая система оценок дифференцирована и по стадиям проекта. На ранних стадиях оценивают обоснованность выбора направления, возможность успешного завершения в условиях ограниченной информации и недостаточных ресурсов, продолжительность работ, полезность результатов, новизну методик, технических средств и другое, а на конечных – степень достижения заявленного результата.

Экспертные оценки результатов исследований и разработок не следует рассматривать как абсолютные. Они имеют очевидный недостаток, происходящий из субъективизма научных экспертов, категоричности мнений отдельных и весьма уважаемых представителей научного сообщества.

Субъективизм часто проявляется либо в форме избыточного «оптимизма» ученого в оценке собственных достижений, либо в форме редко скрываемого пессимизма при оценке достижений коллег. Многие «маститые» не любят критики, но «допускают самокритику и даже в двух видах: если кто-либо сам себя критикует, или он сам кого-либо критикует», или «есть мнение мое и неправильное»… А такие процедуры, как обучение, предварительная выработка критериев, двухступенчатая оценка, в практике экспертной оценки результатов исследований и разработок почему-то в должной мере не применяются. Научная экспертиза ограничивается чаще всего оценкой «художественного впечатления».

Субъективизм экспертных оценок возрастает по мере уменьшения числа потенциальных квалифицированных экспертов, что, в частности, характерно и для нашей относительно небольшой страны.

Другая известная закономерность, подтвержденная многократно, – чем выше уровень новизны предлагаемых научных и технических решений, тем меньше у них сторонников, тем острее критика и осторожнее оценка потенциального эффекта. Из истории науки известно немало примеров, когда революционные достижения одних не только не были признаны другими (например, теория относительности) или были подвергнуты уничтожающей критике (кибернетика и генетика в Советском Союзе), но и послужили основанием для физической расправы (Джордано Бруно). Чтобы избежать этого недостатка, некоторые предлагают ввести в качестве критерия новизны и такой показатель, как «индекс неожиданности» (А. Дамаск).

Экспертная оценка инновационных проектов включает наряду с оценкой цели, задач, содержания проекта и его результатов также оценку сроков выполнения (затрат времени) и стоимости работ. Задача оценки – выяснить, достаточно ли исходных данных и ресурсов для достижения цели в установленные сроки при эффективном управлении и в каком соотношении они находятся с объемами и результатами планируемых работ.

Чем выше уровень исходной информации и степень готовности исполнителей, тем надежнее оценка.

Затраты времени и средств допускают количественную оценку. При этом используют статистические данные о предыдущих аналогичных проектах.

Ввиду неопределенности условий выполнения проекта и возможных отклонений затрат времени и средств эти оцениваемые параметры можно рассматривать как случайные величины, заданные на множестве возможных условий реализации проекта. Для учета вероятностного характера проектов целесообразно указывать границы – сроков, стоимости, других параметров. «Указание вероятности – признак хорошей оценки» (С. Макконнелл).

Согласно С. Макконнеллу [17], «хорошая оценка» должна в 75% случаев отличаться от фактического результата не более чем на 25%, т. е. вероятность $P\,(C - s < \xi < C + s) \le 0{,}75$, где C – среднее значение; s – среднее квадратическое отклонение случайной оценки ξ. Это означает, что при нормальном распределении оцениваемого параметра ξ (стоимости, продолжительности работ и др.) коэффициент вариации, характеризующий возможные отклонения, не должен превышать 0,25.

Заметим, что здесь ξ – оцениваемый параметр, а не результат оценки, который также можно рассматривать как случайную величину, но заданную не на множестве условий выполнения проекта, а на множестве возможных оценок, выставляемых экспертами.

С учетом возможного разброса экспертных оценок среднее значение оцениваемого параметра иногда вычисляют по формуле

$$C_{1ср} = (C_{макс} + 4C_{мод} + C_{мин}) / 6,$$

где $C_{макс}$, $C_{мин}$ и $C_{мод}$ – наибольшее, наименьшее и наиболее частое (мода) значения соответственно, выставленные группой экспертов.

Поскольку более вероятны отклонения оценок в сторону уменьшения, кривая плотности распределения оценок имеет положительную асимметрию (рис. 4.1).

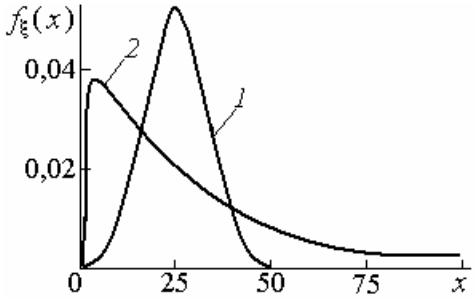


Рис. 4.1. Распределение оценок стоимости проекта по нормальному (*1*) и логарифмически нормальному (*2*) законам

Это учитывают, используя для оценки среднего значения формулы

$$C_{2ср} = (C_{макс} + 3C_{мод} + 2C_{мин}) / 6.$$

Вид кривой *2* на рис. 4.1 указывает, что для распределения оценок (в отличие от распределения самого оцениваемого параметра) более приемлем логарифмически нормальный, чем нормальный закон.

В пользу логарифмически нормального распределения результатов оценки указывают и результаты следующего эксперимента. Девяти экспертам – специалистам в области конструирования изделий из полимерных материалов было предложено оценить затраты на разработку КД на заданное изделие, КД на формообразующую оснастку и на изготовление оснастки. Вычисленные по результатам экспертных оценок (в условных единицах) – среднее значение С и коэффициент вариации *V*, а также средние значения, найденные по приведенным выше формулам, указаны в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Параметры распределения оценки стоимости проекта

Оцениваемый параметр	С	*V*	$C_{1ср}$	$C_{2ср}$
Стоимость КД на изделие	2,97	1,17	3,14	2,84
Стоимость КД на оснастку	3,51	1,14	3,40	3,31
Затраты на изготовление оснастки	26,7	0,82	24,8	22,3

Очевиден слишком большой разброс оценок, причем больше разброс в оценке стоимости КД, чем затрат на изготовление оснастки. Ввиду большого разброса оценок использование крайних значений для расчета среднего не дает нужного приближения.

Распределение оценок удовлетворительно аппроксимируется логарифмически нормальным законом (рис. 4.2).

Приведенные данные свидетельствуют о крайне низкой точности экспертных оценок стоимости инновационных проектов. Особенно велики разбросы в оценке крупных проектов и, тем более, на ранних стадиях. Первоисточник разброса – неопределенность, заключенная в самом проекте, а потому естественный путь получения более точных оценок – сокращение неопределенности, прежде всего, в самом проекте. Для этого целесообразно увеличить исходную информацию о проекте

на стадии его оценки за счет более детального представления содержания работ на всех этапах, максимального указания количественных параметров и их границ, проведения вычислений везде, где это возможно, учета неопределенности условий выполнения проекта. К экспертным оценкам следует прибегать только в крайних случаях. При этом в качестве экспертов предпочтительны сами потенциальные исполнители, а оценки должны выражаться не числом, а диапазоном возможных значений стоимости, затрат времени и других ресурсов.

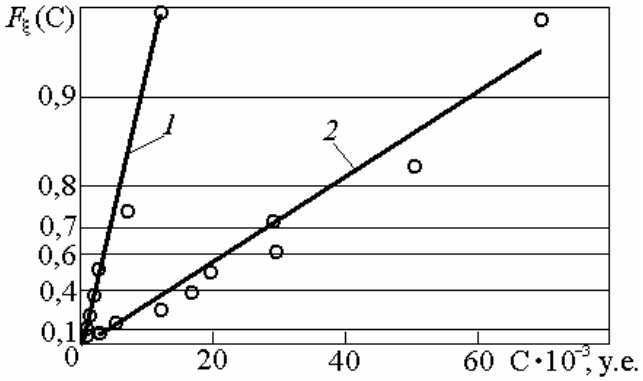


Рис. 4.2. Распределение логарифма оценок стоимости КД на изделие (*1*) и затрат на изготовление оснастки (*2*)

Полезно учитывать некоторые закономерности, наблюдаемые при оценке проектов, направленных на разработку программных средств [17]:

- естественное стремление потенциальных исполнителей проекта сузить диапазон затрат, сроков, объемов (причины – незнание или неучет ряда обстоятельств, желание выглядеть более компетентным);
- «переоценка» – завышение времени, планируемого на выполнение работы, а это ведет к тому, что «работа занимает все отведенное для нее время» («закон Паркинсона»), и если времени отведено намного больше, чем требуется для выполнения заданной работы, то эта работа, скорее всего, не будет выполнена к установленному сроку (так называемый «студенческий синдром»);
- «недооценка» – уменьшение времени и средств против необходимых, что ведет к снижению эффективности планирования, к напряженности при выполнении отдельных этапов, к снижению качества работы, к возможному нарушению сроков ее выполнения, а потому переоценка оказывается менее опасной, чем недооценка; к тому же в силу присущего им «оптимизма» разработчики намного чаще недооценивают объемы и стоимость работы, чем переоценивают их, а чем больше проект, тем выше его неопределенность и вероятность невыполнения в срок.

Экспертиза диссертаций. Особые правила предусмотрены для оценки диссертационных исследований [60]. В результате многоступенчатой экспертизы (табл. 4.2) устанавливается соответствие диссертации следующим требования (критериям):

- актуальность темы диссертационного исследования;
- соответствие названия диссертации ее содержанию;
- соответствие содержания диссертации отрасли науки и специальности (специальностям);
- достоверность результатов исследований, обоснованность выводов и рекомендаций;
- степень новизны научных результатов, выносимых на защиту;
- научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов;
- апробация диссертации и сведения об использовании результатов, подтверждающие их научную и практическую значимость, экономическую и социальную ценность;
- полнота изложения результатов, включенных в диссертацию, в опубликованных работах;
- конкретное личное участие автора в получении научных результатов, представленных в диссертации;
- соответствие автореферата содержанию диссертации.

Таблица 4.2

Многоступенчатая система экспертизы диссертаций

Место проведения и вид	Эксперты	Предмет оценки, выводы
Организация, в которой выполнено исследование Предварительная оценка	Эксперты и участники научного собрания, утвержденные руководителем организации	Соответствие требованиям ВАК Заключение (протокол)
Совет по защите диссертаций первичная экспертиза заседание совета по вопросу приема диссертации к защите	 Член совета по поручению председателя или его заместителя Члены совета, утвержденные ВАК	Диссертация, автореферат, другие материалы Письменная рекомендация эксперта Решение о приеме к защите, назначение оппонентов и оппонирующей организации
Экспертиза в оппонирующей организации	Эксперт из этой организации, назначенный руководителем, и научное собрание	Доклад соискателя Отзыв эксперта Заключение о соответствии Положению

Окончание табл. 4.2

Место проведения и вид	Эксперты	Предмет оценки, выводы
Совет по защите диссертаций	Члены совета, оппоненты	Доклад соискателя, отзывы оппонентов, оппонирующей организации, специалистов. Защита в форме научной дискуссии. Заключение о соответствии требованиям ВАК
Профильный отдел ВАК	Работники отдела	Соответствие установленным требованиям всех документов аттестационного дела
Экспертный совет ВАК	Члены экспертного Совета, утвержденные ВАК Специалист по предложению отдела ВАК	Заключение и рекомендация о присуждении ученой степени Объективность оценки экспертным советом
Президиум ВАК решение о присуждении ученой степени дополнительная экспертиза (при недостаточном числе голосов) окончательное решение о присуждении ученой степени	 Члены Президиума ВАК Член Президиума ВАК по отрасли науки, привлеченные специалисты Члены Президиума ВАК	 Диссертация со всеми заключениям экспертов и совета по защите Соответствие диссертации и процедуры защиты требованиям Решение о присуждении ученой степени или об отказе в присуждении

При оценке диссертационных работ непомерно большое внимание уделяется формальной стороне: строгому соответствию специальности и профилю совета, оформлению текста диссертации и автореферата требованиями, установленным на момент представления диссертации (а они периодически меняются), соответствию сопроводительных документов, всей процедуры рассмотрения диссертации формальным требованиям. На этом фоне несколько теряется содержательная сторона экспертизы, утрачивается объективность оценки научной квалификации соискателя как основной цели диссертационного исследования. В результате оказывается, что сложная и многоступенчатая система экспертизы диссертаций не гарантирует высокого качества отраженных в них результатов и, тем более, самостоятельности авторов в получении этих результатов. Последнее обстоятельство имеет особое значение, поскольку диссертация явля-

ется квалификационной работой, т. е. должна свидетельствовать о соответствующем уровне научной квалификации соискателя и его личном вкладе в науку. Но, как значилось в заключении авторитетных экспертов по диссертационному исследованию, выполненному «*не вполне самостоятельно*», но весьма уважаемым соискателем, «*это* не отразилось негативно на научной ценности представленных в диссертации выводов», а потому искомая степень соискателю все же была присуждена.

Оценка результатов прикладных исследований и разработок. Методические рекомендации [57] «устанавливают единые правила и методические подходы, критерии и показатели, применяемые для оценки ***эффективности*** результатов научных, научно-технических и опытно-конструкторских разработок».

Прогнозная оценка выполняется на стадии отбора программ фундаментальных и прикладных исследований, научно-технических программ и их заданий, а также отдельных инновационных проектов.

Плановая оценка производится на стадии разработки и утверждения технико-экономического обоснования или бизнес-плана программы (задания, инновационного проекта) с учетом результатов маркетинговых исследований. Результаты прогнозной и плановой оценки применяются для определения целесообразности инвестирования в конкретную программу (задание, инновационный проект) бюджетных, внебюджетных и частных средств.

Промежуточная **(*фактическая*) *оценка*** производится в процессе реализации программы (инновационного проекта) в целях определения результативности, обоснования управленческих решений по продолжению исследований, их корректировке и финансированию.

Различаются виды эффективности исследований и разработок: экономическая, социальная, экологическая.

Социальная эффективность отражает влияние научных, научно-технических и инновационных проектов на общеполитические, демографические, социокультурные условия жизнедеятельности общества. Социальную эффективность инновационных проектов характеризуют следующие группы показателей [57]:

• повышение уровня жизни: рост доходов населения (заработная плата и другие выплаты); обеспеченность населения товарами и услугами потребительского назначения; цены и тарифы на товары и услуги; потребление населением продуктов питания, непродовольственных товаров и услуг; обеспечение жильем, объектами хозяйственно-бытового назначения и коммунальными услугами;

• образ жизни: занятость населения (количество новых рабочих мест); подготовка кадров (численность работников, которые пройдут переподготовку, повысят квалификацию, получат новую профессию); обеспечение населения объектами просвещения, образования, культуры, искусства, спорта, транспортного обслуживания, сети дошкольных учреждений, доступность и степень их использования; социальная безопасность (снижение правонарушений и преступности);

• здоровье и продолжительность жизни: улучшение условий труда (сокращение числа рабочих мест с тяжелыми, вредными и опасными условиями труда, профессиональных заболеваний и производственного травматизма); развитие сферы здравоохранения, обеспеченность объектами здравоохранения, уровень обслуживания.

Экологическая эффективность – составная часть социальной эффективности использования результатов исследований и разработок, характеризующаяся положительным эффектом во взаимоотношениях общества и окружающей среды. Экологическую эффективность инновационных проектов характеризуют группы показателей:

• сокращение выбросов отходов в окружающую среду (водный, воздушный бассейны, земельные ресурсы, лесные ресурсы, животный мир) в сравнении с предельно допустимыми концентрациями вредных веществ и предельно допустимыми уровнями воздействий на окружающую среду;

• влияние объекта на экологическую емкость территории и экологический риск (вероятность и тяжесть возможных катастроф, связанных с инновацией);

• безотходность производства за счет замкнутого технологического цикла переработки ресурсов или благодаря переработке образующихся отходов (полностью или частично безотходные технологии, а также степень утилизации отходов производства, организации оборотного водоснабжения, малоотходных и бессточных производств);

• приближение к биосферосовместимому типу технологии (переход на процессы, близкие к естественным, замкнутым вещественно-энергетическим циклам, или сокращение объема переработки природных ресурсов).

Понятие ***экономической эффективности*** содержит в себе не только результат (в данном случае научной или инновационной деятельности), но и сравнение с затратами на его получение. Оценить эффективность путем соотношения двух одноименных величин, характеризующих результат (эффект) и затраты, не представляет большого труда, если обе величины известны.

Оценка результатов научных, научно-технических и инновационных разработок, имеющих выраженный прикладной характер, проводится с применением показателей научно-технического уровня, конкурентоспособности, социально-экономической эффективности [57]. Оценка проводится экспертно-аналитическим методом в соответствии со стандартом [45].

Научно-технический уровень и конкурентоспособность разработок предлагается оценивать в баллах, назначаемых согласно табл. 4.3.

Таблица 4.3

Показатели научно-технического уровня и конкурентоспособности научных, научно-технических и инновационных разработок [57]

Научно-технический уровень		Конкурентоспособность продукции		Интегральный показатель, баллы
Характеристика	Балл	Характеристика	Балл	
Уровень изобретения; нет аналогов в мире	35	В развитых странах	35	От 35 до 70
Полезная модель, аналоги в промышленно развитых странах	25	В странах с переходной экономикой и развивающихся	25	От 25 до 60
Правовая охрана отсутствует; аналоги в странах с переходной экономикой и развивающихся странах	15	На внутреннем рынке Беларуси	15	От 15 до 50
ОИС не указаны	0	Нет на рынке	0	От 0 до 35

Оценка эффективности на основе учета натурально-вещественных результатов осуществляется путем сопоставления числа наименований научно-технической продукции и (или) объектов промышленной собственности и затрат на НИОКР.

Состав показателей, включающих натурально-вещественные результаты научной деятельности, определяется в соответствии с порядком и типовыми формами предоставления отчетности о выполнении работ по государственным программам фундаментальных и прикладных научных исследований, государственным научно-техническим программам, инновационным проектам.

Методические рекомендации [57] предназначены для различных отраслей науки, для различных стадий – прогноза, плана и результата – исследований, разработок и инновационного процесса, но не содержат достаточного арсенала средств, позволяющих дифференциро-

вать критерии и методы оценки, что делает проблематичным их в равной мере успешное применение во всех обозначенных выше случаях.

Ввиду низкой сопоставимости результатов научно-технической деятельности по различным отраслям науки и отраслям экономики предлагается использовать результаты натурально-вещественной оценки эффективности главным образом для получения ретроспективных данных по внутриотраслевой динамике исследований.

Критерии оценки новых и высоких технологий. Для оценки новых и высоких технологий, предлагаемых к разработке или разработанных в составе ГНТП, инновационных проектов или приобретаемых за рубежом, используют систему критериев, утвержденных Правительством. Наряду с оценкой соответствия утвержденному перечню приоритетных направлений предлагается система показателей, позволяющих получить количественную (дифференцированную) оценку новых и высоких технологий и продукции, производимой с их использованием (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Критерии оценки новых и высоких технологий и показатели

Критерий	Показатель, диапазон значений (низшее – высшее)	Оценка (баллы)
Новизна технологии	Срок появления аналога (более 5 лет – менее 2 лет)	1–5
Технический уровень технологии	Уникальность (соответствие аналогам по основным параметрам – отсутствие аналогов)	2–8
	Снижение удельной материалоемкости (до 10% – более 15%)	2–6
	Снижение удельной энергоемкости (до 10% – более 15%)	2–6
	Экологичность (соответствие стандартам – безотходность)	2–6
Новизна продукции	Срок появления аналога (более 5 лет – менее 2 лет)	1–5
Преимущества продукции	Превышение параметров аналога (один второстепенный – основные)	2–4
Сертификация продукции	Подтверждение сертификатом (возможность получения – наличие)	1–3
Соответствие стандартам	Подтверждение стандартом (планируется – соответствие международным стандартам)	1–5
Возможность экспорта и импортозамещения	Доля экспортных поставок (25–75%)	3–5
	Уменьшение импорта (1% – более 20%)	2–4
Оценка продукции	Рентабельность (10% – более 50%)	1–3
Масштаб применения	Доля новой продукции в объеме производства (25% – более 50%)	4–5

Окончание табл. 4.4

Критерий	Показатель, диапазон значений (низшее – высшее)	Оценка (баллы)
Наукоемкость	Доля затрат на НИОКР и нематериальные активы в объеме инвестиций (менее 5% – до 20%)	3–5
Объем инвестиций в новые (высокие) технологии	Затраты на одно рабочее место (10 – свыше 50 тыс. долларов США)	4–7
Эффективность инвестиций	Срок окупаемости (до 7 лет – менее 3 лет)	2–4
Добавленная стоимость продукции	Доля стоимости (от 25% – более 50%)	2–5
Создание и характеристика новых рабочих мест	Численный или относительный прирост (25 или 15% – более 500 или более 70%), в т.ч. для работников с высшим образованием (30% – более 50%)	2–6 3–5
Использование ОИС	Уровень патентной защиты (отсутствие–наличие патентов, часть изделия–все изделие, часть технологии–вся технология)	0–4 2–5 2–6
Оценка производства	Рентабельность (менее 20% – более 50%)	3–7
Оценка предприятия	Доля высокотехнологичной продукции (менее 50% – более 70%)	1–10

Можно, конечно, дискутировать относительно состава показателей, их удельных весов и назначаемых баллов, но в целом методика дает возможность дифференцировать проекты и результаты их реализации. Однако практическое применение данной методики предполагает наличие определенного навыка у экспертов и требует от них тщательного соблюдения принципа единообразия оценки по большинству показателей.

4.4. Экономическая эффективность

Основные показатели. Для предприятий реального сектора экономики извлечение прибыли является основной целью коммерческой деятельности. Поэтому полезность исследований и разработок в интересах этих предприятий оценивают прежде всего с позиций экономической эффективности. Экономическая эффективность может учитываться и при оценке проектов, имеющих социальную или экологическую направленность, а также проектов, разработка которых осуществляется в целях обеспечения безопасности.

Экономическая эффективность коммерциализации проекта – отношение экономического эффекта к суммарным издержкам на создание, освоение и внедрение научной, научно-технической продукции и инноваций.

Экономический эффект от использования результатов исследований и разработок характеризуется превышением поступления средств $Р(t)$ за период t над затратами $З(t)$, произведенными к моменту t: $Э(t) = Р(t) – З(t)$.

Типичная временная зависимость $Э(t)$ показана на рис. 4.3.

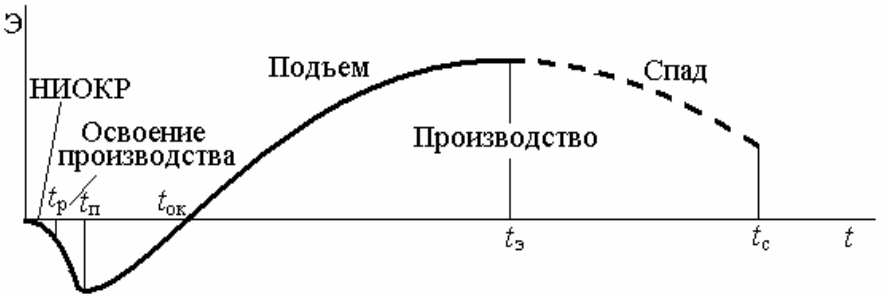


Рис. 4.3. Экономический эффект
как функция времени создания инноваций и их использования

В начальный период (на стадиях НИОКР – до момента $t_р$ – и подготовки производства – до момента $t_п$) эффект имеет отрицательные значения, поскольку поступления от реализации продукции еще отсутствуют. После освоения производства и начала реализации продукции эффект возрастает, достигая нулевого значения в точке $t_{ок}$, соответствующей сроку окупаемости проекта.

В дальнейшем поступления средств, а следовательно, и эффект возрастают. Скорость возрастания эффекта зависит от уровня рентабельности проекта. Постепенное снижение скорости увеличения эффекта обусловлено дополнительными затратами на совершенствование продукта с целью поддержания его конкурентоспособности и на улучшение технологии с целью снижения затрат на производство продукта. Поскольку такие затраты со временем возрастают, то эффект к определенному моменту $t_э$ достигает максимума, после которого начинается спад, обусловленный снижением объема реализации или прибыли из-за поступления на рынок конкурирующих видов продукции. Производство становится затратным вплоть до его прекращения в момент $t_с$.

Наиболее общим показателем экономической эффективности инновационного проекта (Е) служит отношение экономического эффекта (Э) к затратам (З), произведенным с целью его получения: $Е = Э/З$.

Показателями эффективности использования результатов разработок в инновационных проектах являются эффективность вложенных инвестиций и период их окупаемости.

Эффективность издержек на создание и использование результата разработки (инвестиций) равна $E_р = Э_р / З_т$, где $Э_р$ – суммарный экономический эффект от использования результатов разработки за расчетный период; $З_т$ – сумма инвестиций в создание и коммерциализацию результата разработки за расчетный период. Период окупаемости инвестиций в разработку равен $t_{ок} = З_т / Э_р$.

Несмотря на простоту оценки экономической эффективности исследований и разработок с математической точки зрения, содержательная (экономическая) часть, обеспечивающая обоснованность и полезность этого действия, оказывается совсем не простой.

Советская методика оценки экономической эффективности результатов НИОКР, которая применялась длительное время (с 1977 г.), обсуждается (и осуждается) во всех работах, посвященных эффективности исследований и разработок (см., например, [12]). Она предусматривала сравнение затрат с народнохозяйственным эффектом, рассчитываемым для всего жизненного цикла продукции. «Иногда думают, что эффективным надо считать то, что выгодно предприятию-изготовителю. Между тем критерий народнохозяйственной эффективности – существенное преимущество социалистического хозяйства над капиталистическим и в оценке технических решений у нас он сохраняется всегда» (А. С. Консон). Но в этом и главный недостаток данной методики применительно к рыночной экономике: она игнорирует тот факт, что интересы субъектов инновационного процесса – инвестора, разработчика, изготовителя и потребителя – существенно различны и, более того, в экономическом смысле диаметрально противоположны («…а денежки врозь»).

Современные рыночные подходы к оценке экономической эффективности инновационных проектов основаны не на приоритете единого государственного интереса или на гипотезе всеобщей гармонии интересов субъектов, а на концепции индивидуализации и баланса целей заинтересованных сторон (т. е. существования тех самых «единства и борьбы противоположностей», которые в полном согласии с диалектикой и служат источниками развития).

Далее, в методике 1977 г. оценивался годовой эффект, что привязывало затраты и результаты к основной единице календарного планирования.

Методика устанавливала практически единую для всех инноваций норму рентабельности (от нем. *rentabel* – оправдывающий расходы,

прибыльный), равную минимально допустимым темпам накопления чистого дохода (прибыли) и обратную сроку окупаемости затрат (на уровне 0,15). А между тем критерии нижнего уровня экономической рентабельности проекта, допустимого для разных субъектов, различны. Да и по мере роста объема инвестиций их относительная доходность снижается.

Для частного инвестора вложение капитала в инновации, очевидно, должно быть более выгодным, чем банковские вклады или приобретение (аренда) земли, основных фондов, нематериальных активов, ценных бумаг и т. п. Потому нижний уровень экономической эффективности для такого инвестора – процентная ставка (пусть даже швейцарского) банка.

У предприятия, управляющего государственным имуществом, тоже есть альтернатива освоению новой продукции – это сдача в аренду вверенного имущества, а при выборе вариантов инноваций – либо собственные разработки (или разработки по заказу), либо приобретение (пусть даже по более высокой цене, но за границей) готового комплектного оборудования и технологий и т. д.

В зависимости от экономической стратегии и тактики государства и конкретного предприятия в качестве критерия коммерческой эффективности инновационных проектов, выполняемых полностью или частично за счет средств бюджета или за счет собственных средств предприятия, могут выбраны:

– уровень рентабельности: выше средней по стране, по отрасли, с учетом господдержки, налоговых льгот и т. п. или не менее ставки по кредитам, по депозитам, зависящей от уровня инфляции;

– минимальная окупаемость только текущих затрат при наличии социального эффекта;

– минимальные потери, например, на уровне экологического налога;

– «отрицательная» рентабельность в случае ориентации на будущее развитие (интервенция на новом рынке, введение демпинговых цен и т. п.), на поддержание производства, сохранение рабочих мест.

Некоторые основные понятия, относящиеся к оценке экономической эффективности результатов исследований и разработок на основе методических рекомендаций [57], приведены в предыдущем подразделе. Здесь рассматриваются конкретные показатели экономической эффективности, рекомендуемые этим документом.

В зависимости от источника инвестиций различают оценку коммерческой и бюджетной эффективности исследований и разработок, в зависимости от стадии проекта – прогнозную, плановую и фактиче-

скую эффективность. Интегральный макроэкономический эффект определяется суммированием коммерческого и бюджетного эффекта.

Коммерческий эффект – абсолютная величина чистого приведенного (дисконтированного) дохода за весь срок коммерческого использования в производстве результатов инновационных проектов.

Денежный поток – движение реальных денежных средств организации в результате осуществления проекта. Выделяются входной денежный поток (приток), выходной денежный поток (отток) и чистый денежный поток – разность между притоком и оттоком реальных денег за определенный период времени (год, квартал, месяц).

Дисконтирование (от англ. *discount* – процент, удерживаемый при оплате векселя) – метод приведения (сопоставления) разновременных затрат и доходов к определенному моменту в настоящем или будущем. Путем введения поправочных коэффициентов учитывается изменение стоимости денег в течение всего периода разработки проекта и использования его результатов вследствие инфляции, изменения курса валют, процентных ставок по кредитам и т. п.

Затраты каждого периода умножают на коэффициент дисконтирования $К_д$, равный

$$К_д(t) = 1/(1 + с_д)^i, \qquad (4.3)$$

где $с_д$ – ставка дисконтирования (норма дисконта); i – порядковый номер года проекта, отсчитываемый от начала работ над проектом.

Чистый *приведенный* ***(дисконтированный) доход*** (ЧДД) – абсолютная величина превышения входящего потока (притока) денежных средств, полученного от коммерческого использования результатов научно-технической и инновационной деятельности в расчетном периоде, над исходящим потоком (оттоком) денежных средств.

Для прогнозной и плановой оценки эффективности используют показатели технико-экономического обоснования или бизнес-плана проекта, а на стадии фактического использования – данных бухгалтерского учета и отчетности.

Срок окупаемости инвестиций ($t_{ок}$) – период, необходимый для возмещения средств, инвестированных в проект. При равномерности чистого денежного потока срок окупаемости инвестиций определяется по чистому доходу как отношение первоначальных инвестиций $И_п$ к среднегодовому чистому доходу $ЧД_с$: $t_{ок} = И_п / ЧД_с$.

Простой срок окупаемости проекта – период времени, по окончании которого чистый объем поступлений (доходов) перекрывает объем инвестиций (расходов) в проект и соответствует периоду, при ко-

тором накопительное значение чистого потока наличности изменяется с отрицательного на положительное.

Динамический срок окупаемости проекта – период времени, рассчитываемый по накопительному дисконтированному чистому потоку наличности.

Коэффициент эффективности (рентабельности) инвестиций ($К_н$) характеризует эффективность проекта по уровню доходов на единицу инвестиций ($И_п$) и определяется как $К_н = ЧД_с / И_п$.

Учету разновременности затрат (дисконтированию) в цитированных рекомендациях и во многих работах по экономической эффективности инновационной деятельности [12, 34, 35] уделяется повышенное внимание. В то же время данная проблема имеет две стороны – математическую и содержательную (экономическую). С математической точки зрения проблема учета разновременности затрат решается достаточно просто. Современные вычислительные средства позволяют учитывать любые заданные значения инфляции в течение всего жизненного цикла разрабатываемой и осваиваемой продукции или технологии.

Инновационные проекты технической направленности со сроком окупаемости более пяти лет, равным примерно периоду обновления высокотехнологичной продукции, как правило, не привлекательны для инвестора. Но даже на пять лет вперед официальные данные о возможной инфляции как основной причине изменения цены денег не публикуются, в лучшем случае – только на текущий год, и то лишь оценочные. Более того, показатели инфляции имеют колебания, а иногда и скачкообразные изменения, поэтому нет достаточных оснований считать уровень инфляции постоянным в течение всего периода осуществления инновационного проекта, как это предусмотрено формулой (4.3). Однако для этого надо знать изменения нормы дисконта в данном периоде. Методические рекомендации [57] предоставляют разработчику инновационного проекта возможность самостоятельно назначать ее, ориентируясь на указания для составителей бизнес-планов инвестиционных проектов.

Иногда [12–14] при определении нормы дисконта складывают процентные ставки по кредитам, процент ожидаемой инфляции и возможные относительные изменения эффекта с учетом различных видов риска. В результате норма дисконта оказывается существенно больше процента ожидаемой инфляции.

Роль нормы дисконта на стадии оценки стоимости проекта в каком-то смысле аналогична роли коэффициента запаса прочности при проектировании элементов нагруженной конструкции. Высокие зна-

чения нормы дисконта снижают риск возможных потерь инвестора (как высокий коэффициент запаса снижает вероятность разрушения конструкции), но повышают стоимость проекта (как высокий коэффициент запаса увеличивает стоимость конструкции), что приводит в конечном счете к экономически неэффективным решениям.

Оценка эффективности уже реализованных проектов не представляет сложности, поскольку с бухгалтерской точностью известны затраты и полученный эффект. Более актуально, но и более проблематично оценивать прогнозную эффективность, а именно возможную или достижимую эффективность инновационных проектов еще до начала их финансирования. А сначала надо определить потенциальный (предполагаемый) эффект и возможные затраты на его достижение.

Потенциальный эффект оценивают по прогнозируемым значениям цены продукции, рентабельности и объема реализации. Эти значения определяют в результате исследования рынка и отражают в ТЗ на разработку. Возможна постановка и обратной задачи: оценить стоимость, рентабельность или объем производства, обеспечивающие окупаемость затрат на разработку и освоение производства данного вида продукции в течение заданного периода или заданный эффект от реализации инновационного проекта.

Для оценки эффективности инновационных проектов необходимо также предварительно оценить затраты на разработку и освоение инноваций. В общем случае инновационные проекты могут содержать различную компоненту собственных разработок – от выполнения полностью собственными силами НИОК(Т)Р и соответственно включения всех этих затрат в стоимость проекта до приобретения готовых разработок в виде КД и ТД, ОИС, в иной форме или комплекта средств технологического оснащения.

В первом случае на стадии разработки инновационного проекта необходимо оценить все компоненты затрат на создание КД, ТД и ОИС и их материализацию в виде технологий и средств технологического оснащения. При использовании «чужих» разработок затраты на их приобретение могут быть частично или полностью известны или, по крайней мере, вполне определены параметры приобретаемых технологий и средств технологического оснащения.

Оценка стоимости ОИС. Основные понятия, используемые при оценке ОИС, методы оценки стоимости ОИС, требования к исходной информации и проведению расчетов и оформлению их результатов стандартизованы [45]. Общие правила определения стоимости ОИС при внесении стоимости ОИС в уставный капитал субъектов хозяйст-

вования; постановке на бухгалтерский учет в качестве нематериальных активов; уступке прав на ОИС; передаче прав на использование ОИС на лицензионной основе и для других целей определены в Методических рекомендациях [58]. Методы оценки ОИС основаны на международных стандартах оценки.

Объекты, отнесенные к ОИС в данных документах, указаны в подразд. 4.2. В частности, это объекты промышленной собственности – изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки и знаки обслуживания, а также ноу-хау, отчеты о НИР, КД и ТД. Определения других терминов, используемые в рекомендациях [58], содержатся в приложении 1.

Использованием ОИС признается введение в гражданский оборот продукта, изготовленного с применением ОИС. Введением в гражданский оборот продукта, содержащего ОИС, является передача его заказчику, продажа лицензий, продажа в качестве товарной продукции, аренда, введение в эксплуатацию во внутрипроизводственном процессе.

Оценка стоимости ОИС, созданных на предприятии или по его заказу (при финансировании предприятием) с закреплением за ним по договору прав собственности на них, производится по затратному методу и осуществляется путем суммирования приведенных затрат (с учетом коэффициента дисконтирования):

$$C_п = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \qquad (4.4)$$

где C_1 – затраты на создание ОИС, включающие все фактические затраты на выполнение НИР и всех стадий разработки КД и ТД; C_2 – затраты на правовую охрану ОИС; C_3 – затраты на маркетинговые исследования; C_4 – приведенные затраты на доведение ОИС до готовности промышленного использования и коммерческой реализации.

При уступке прав стоимость ОИС равна $C_у = C_4 + C_5$, где C_5 – приведенные затраты на приобретение ОИС (договорная цена).

При этом договорная цена ОИС определяется по рыночной стоимости или прибыли, которую получит предприятие от использования ОИС.

Рыночную стоимость ОИС находят по формуле

$$C_5р = [(C_1 + C_2 + C_3) \cdot k_1 \cdot k_2 + (A_г \cdot р \cdot T)] \cdot R,$$

где k_1 – коэффициент технико-экономической значимости ОИС (определяется экспертным путем в диапазоне от 1 – для ОИС, несущественно улучшающих показатели, до 1,3 – для изобретений, обеспечивающих высокие преимущества продукции); k_2 – коэффициент, учитывающий степень морального старения ОИС (для ноу-хау, НИР, КД и ТД принимают $k_2 = 1$; для изобретения, полезной модели и промыш-

ленного образца $k_2 = 1 - T_р / T_0$, T_0 – номинальный срок действия охранного документа, свидетельства, лет; $T_р$ – срок действия охранного документа в расчетном году, лет; $А_г$ – годовой объем использования (продаж ОИС) в стоимостном выражении; р – среднестатистическая ставка роялти; T – срок полезного использования ОИС, исчисляемый в годах; R – коэффициент риска, учитывающий степень освоения ОИС, патентную защищенность и наличие конкурирующих товаров на рынке (задают в пределах 0,7–1,0).

Среднестатистические ставки роялти (табл. 4.5) приблизительно совпадают с показателями наукоемкости продукции – долей затрат на исследования и разработки при освоении новой продукции в соответствующих отраслях.

Таблица 4.5

Среднестатистические ставки роялти

Отрасль промышленности	Ставка роялти, %
Электронная	4–10
Химическая	1,5
Фармацевтическая	2–5
Станкостроительная	4,5–7,5
Автомобильная	1–3
Авиационная	6–10
Инструмент, оснастка, измерительные приборы	5–7
Электротехническое оборудование, станки	4–7
Оборудование химической промышленности, строительные машины, контрольно-измерительные приборы	3–5
Книги, печатные издания, игры (без авторских прав)	3–6
Изделия из пластмассы	3
Продукты органической химии, изделия из стекла, стройматериалы	2–4
Деревянная мебель	2–3
Удобрения	1,5–2
Спорттовары	1–3
Бумага	1–2

Оценка стоимости ОИС по прибыли (доходу), которую получит предприятие, приобретая права на изобретение, полезную модель, промышленный образец, ноу-хау, результаты НИР, КД или ТД, равна доле приведенной прибыли (дохода) за срок T использования данного ОИС:

$$С_5п = (П_t - П_0) \cdot T \cdot k_1 \cdot R,$$

где $П_0$ и $П_t$ – приведенная прибыль (доход) до и после использования ОИС.

Приведенные затраты на приобретение ОИС по лицензионному договору определяются по следующим формулам:

а) если за базу роялти принимается стоимость реализованной продукции:

$$С_5 = \sum_{i=1}^{T} N_i Ц_i р_i / 100,$$

где N_i – планируемый объем выпуска продукции по лицензии в натуральном выражении в i-том году; $Ц_i$ – приведенная цена единицы продукции; $р_i$ – ставка роялти, %; T – срок действия лицензионного договора; $i = 1, 2, ..., T - 1$ – год использования ОИС;

б) если за базу роялти принимается дополнительная прибыль (доход):

$$С_5р = \sum_{i=1}^{T} N_i (П_{ti} - П_0) р_i / 100. \qquad (4.5)$$

«Стандартной» ставкой роялти при использовании прибыли (дохода) как базы считают 25–30%.

Разработчики, уверенные в достоинствах своих технических решений и их успехе на рынке, предпочитают лицензионное вознаграждение в форме роялти. Лицензиат, напротив, хотел бы ограничиться единовременной (паушальной) оплатой. Во-первых, до начала реализации продукции, в производстве которой используются ОИС, проще сослаться на малые размеры и недостаточные гарантии выгоды, а потому снизить лицензионное вознаграждение. Во-вторых, рассчитавшись однажды с лицензиаром, он освобождается от последующих финансовых обязательств. Компромиссным решением, удовлетворяющим чаще всего обе стороны, является смешанная форма оплаты. Затраты на создание ОИС, рассчитанные по формуле (4.4), возмещаются сразу после подписания лицензионного договора, а последующие платежи ставятся в зависимость от прибыли, полученной лицензиатом в очередном году, и рассчитываются по формуле (4.5).

Как уже выше отмечалось, наши предприятия крайне «неохотно» приобретают и, тем более, продают ОИС. За 2007 г. в Республике Беларусь заключено только 3 договора на экспорт и 6 на импорт патент-

ных лицензий на изобретения и соответственно 9 и 21 – на ноу-хау, что в общей сложности составляет менее 2% от числа общего числа коммерческих сделок в этой сфере [21]. При этом стоимость приобретенных ОИС почти в 50 раз превышает стоимость проданных.

4.5. Неопределенность результатов и риски

Виды и источники. Производственным и экономическим системам более присущи стабильность и детерминизм. Для исследований и разработок типична неопределенность, имеющая следствием несоответствие затрат времени и средств на получение результата или несоответствие результата ожидаемому.

Обобщенно источником неопределенности можно назвать недостаток информации как о самом исследуемом или разрабатываемом объекте, так и об условиях исследования и разработки, вплоть до реализации их результатов. При наличии полной информации об объекте и процессе его исследования, однозначном задании объекта и условий исследования неопределенность отсутствует, но при этом отсутствуют либо предмет научного исследования, сущность которого – получение новой информации, либо предмет разработки, включающий поиск и создание новых технических решений.

Поскольку результат, на получение которого израсходованы или планируется израсходовать финансовые и материальные средства, может быть не достигнут, возникает риск.

Риск – возможная опасность действия, а в экономике – возможность потерь, неполучения ожидаемого результата. Риском называют также действие наудачу, в надежде на благополучный исход (например, участие в лотереях и иных «розыгрышах»).

Возникает практическая и важная экономическая задача (как, впрочем, и та, попытка решения которой привела к созданию нового и весьма важного раздела математической науки – теории вероятностей) – выявить источники неопределенности, учесть и уменьшить риски.

Применительно к разработке и постановке на производство новой продукции различают виды риска в зависимости от природы (характера), источника неопределенности (табл. 4.6).

Перечисленные в табл. 4.6 виды риска имеют разные последствия для субъектов инновационной деятельности – разработчика, инвестора и изготовителя. В первую очередь и наибольшей мере рискует инвестор, а потому именно он больше других участников инновацион-

ного процесса заинтересован в снижении риска. Неслучайно проблемы риска и поиска путей его снижения являются ключевыми в теории и практике инвестиционной деятельности [7, 12, 34, 35].

Существенное отличие инновационных проектов от типичных инвестиционных заключается в том, что помимо неопределенности результата освоения производства и обусловленных этим рисков, имеется еще и неопределенность достижения заданных параметров объекта разработки, а потому дополнительные риски как на стадии разработки, так и на стадиях технологической подготовки производства.

Таблица 4.6

Виды риска при разработке новой продукции

Вид	Источник	Следствие
Технический	Недостаток информации, квалификации персонала, ответственности исполнителя	Несоответствие параметров разрабатываемого изделия и технологии заявленным значениям
Финансовый	Изменение курса валют, банковских ставок, инфляция сверх учтенных размеров, банкротство инвестора	Снижение или недостижение запланированного эффекта, недостаточное финансирование и (или) дополнительные затраты
Производственный	Невозможность реализации разработки на имеющемся оборудовании вследствие несоответствия параметров, износа или повреждения	Дополнительные затраты на средства технологического оснащения, снижение эффективности разработки
Коммерческий	Изменения экономической ситуации на предприятии-изготовителе; недостаточная проработка возможных вариантов сбыта, изменение ситуации на рынке	Возможность безвозмездных потерь или снижение эффективности реализации проекта; сокращение потенциального рынка сбыта продукции, снижение эффекта от реализации
Политический	Изменения в стране субъекта инновационной деятельности политической ситуации или законодательства, влияющих на целесообразность и условия осуществления проекта и его результаты	Возможность безвозмездных потерь израсходованных средств или снижение эффективности реализации проекта

Неопределенность условий освоения производства и обусловленные ею риски учитываются при оценке стоимости объектов интеллектуальной собственности [45]. В то же время, как и в случае инвести-

ционных проектов, сам объект оценки имеет достаточно четко определенные свойства, которые отражены документально (например, в описании оцениваемого объекта промышленной собственности). В случае оценки затрат на разработку эти свойства отражены лишь в проекте технического задания, а их достижение является задачей разработки, но не гарантировано ни в опытном образце изделия, ни, тем более, при промышленном производстве. Следовательно, появляются дополнительные источники риска, имеющие как техническую, так и экономическую природу.

Согласно Инструкции по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок в промышленности [59], рекомендуемой в том числе и для стадии обсуждения инновационных проектов, затраты на исследования и разработку предполагаются известными, а потому способ их расчета не приводится.

Риск разработчика – преимущественно технический, но он может стать и экономическим, поскольку технические потери также могут быть оценены по экономическим критериям, а в условия договора на разработку будут включены санкции за недостижение запланированного результата. Понимая это, при составлении договора разработчики стараются избегать такой записи, а при ее неизбежности – сначала убедиться в возможности достижения требуемых параметров. Очень часто, не желая рисковать, организации-разработчики прежде детально прорабатывают проект, убеждаются в целесообразности его выполнения, находят и проверяют основные технические решения, рассчитывают затраты на их реализацию и лишь после этого заявляют проект для финансирования. Таким образом, значительная часть работы над данным проектом осуществляется за счет средств, для него не предназначенных, но это, как говорят юристы, «уже другая статья».

Неопределенность и риски обусловлены многими объективными и субъективными факторами. К факторам риска, связанным с разработчиком, относятся новизна и сложность разработки, обоснованность требований, квалификация персонала, опыт разработки, имеющиеся в его распоряжении ресурсы – информационные, материальные и финансовые, наличие партнеров, объем работ.

Неопределенность результатов разработки и освоения новых изделий снижается по мере снижения уровня новизны и приближения к стадии освоения в производстве (табл. 4.7).

В табл. 4.7 термин «*вероятность успеха*» взят в кавычки по той причине, что здесь вероятность указана не в соответствии с ее математическим определением, а как «субъективная» (см. подразд. 3.2).

Чем выше риск при принятии решений о финансировании исследований и разработок, тем больше желание и необходимость его минимизации. Естественное стремление снизить риски, связанные с реализацией инновационных проектов, нередко приводит к уменьшению степени их «инновационности», т. е. уровня новизны и показателей эффективности, а потому имеет следствием более медленное (эволюционное) развитие производства, снижение динамики развития, следовательно, и экономические потери по сравнению с потенциальными возможностями вновь осваиваемых техники и технологии.

Критерием обоснованного риска следует считать максимальный гарантированный эффект (прибыль, объем производства и т. п.), а не минимум затрат. Минимизация затрат может привести к тривиальному результату, а именно к нулевому риску, и, соответственно, к полному отсутствию инноваций.

Таблица 4.7

«Вероятность успеха» разработки и освоения новых изделий [9]

Стадия разработки и освоения производства	Значения коэффициента успеха в зависимости от степени новизны изделия			
	Модернизация	Усовершенствование	Новая конструкция	Новая технология
Техническое задание, техническое предложение	0,60–0,80	0,50–0,70	0,40–0,65	0,30–0,56
Эскизный проект	0,65–0,85	0,55–0,75	0,50–0,70	0,45–0,65
Технический проект	0,80–0,95	0,70–0,90	0,60–0,80	0,55–0,75
Изготовление:				
опытных партий	0,90–0,96	0,85,–0,95	0,75–0,90	0,70–0,85
установочной серии	0,95–0,98	0,94–0,97	0,90–0,97	0,90–0,95
Серийное производство	1,0	1,0	1,0	1,0

Чем сложнее объект разработки и соответственно больше затраты на его разработку и освоение, тем больше риск, связанный с осуществлением этого проекта. Здесь проявляется закономерность, известная из теории надежности сложных технических систем: чем сложнее система, тем выше вероятность ее отказа и тем значительнее последствия отказа, в том числе потери, связанные с утратой и восстановлением работоспособного состояния.

Высокая надежность сложных технических систем обеспечивается путем резервирования – параллельного подключения дополнитель-

ных элементов, увеличения запаса прочности и т. п.). Впрочем, аналогично поступают и в производственной деятельности: создают резервные мощности, страховые запасы материалов и комплектующих, а в экономике для достижения гарантированного успеха предусматривают дополнительные или резервные финансовые ресурсы.

Более низкое значение фактически полученного эффекта разработки и освоения новой продукции и новых технологий против ожидаемого может быть обусловлено более низкими показателями новой продукции и новых технологий, более высокой стоимостью разработки и более высокими затратами на освоение производства, меньшей производительностью, увеличенными сроками освоения производства. И как уже отмечалось, один из возможных источников – недостаток исходной информации, имеющейся на момент принятия решения. Чем выше исходный уровень информации, тем меньше неопределенность затрат и получаемого результата.

Ограниченность исходной информации у разработчика имеет ряд причин – ее отсутствие (в мире), недоступность и недостаток квалификации для эффективного поиска (незнание иностранных языков, зарубежных источников и т. п.). Отсутствие информации еще не означает, что поставленная научная или техническая задача никем не решена. Недоступность информации типична для технических решений, составляющих государственный секрет или коммерческую тайну, особенно для конкурентной среды в рыночной экономике.

Неопределенность результатов исследований и разработок зависит не только от объективных факторов – уровня исходной информации, степени новизны объекта исследования и разработки, технической оснащенности организации-исполнителя, но и в значительной мере от субъективных факторов – опыта и квалификации исполнителей, уровня организации работ, взаимоотношений в коллективе и с партнерами и т. п.

Недостаток опыта и квалификации – причина субъективная, но наиболее типичная. При соответствующей квалификации исполнителей многие научные и технические решения могут быть получены, а секреты могут стать доступными. Тем более, что отсутствие информации о новом объекте в большинстве случаев относительно, т. е. обусловлено конкретной областью применения. Знание фундаментальных явлений, лежащих в основе изделия и технологии, а также смежных областей науки и техники позволяет успешно преодолеть условные барьеры незнания и получать информацию, необходимую для эффективного решения поставленной задачи.

Риск инвестора в значительной мере возрастает при его недостаточной квалификации, некомпетентной оценке исходной информации, представленной исследователем или разработчиком, проекта в целом по техническим и экономическим критериям и результатов выполнения отдельных этапов проекта.

Весьма типична ситуация, когда исследователи и разработчики – заявители проекта завышают уровень новизны предмета разработки, его параметры, показатели эффективности, занижают сроки освоения и затраты. Причины – «оптимизм» как неотъемлемое качество любого первопроходца, недостаточное знание сфер производства и будущего применения объекта.

Завышение ожидаемого эффекта иногда считают систематической ошибкой и для введения поправок предлагают ожидаемый эффект умножать на вероятность его достижения [9, 12], которую в данном случае следует рассматривать как множитель, зависящий от «степени оптимизма». Однако сама «степень оптимизма» может варьироваться в широком диапазоне, поэтому учет риска едва ли может сводиться к столь простой операции.

Риски инвестора снижаются при обоснованной системе экспертизы проекта и его этапов, тщательной оценке материалов представленного проекта, детализации и формализации его основных параметров и сопоставлении с нормативными показателями и базовыми значениями.

В случаях, когда экспертиза проектов субъективна или недостаточно компетентна, занижена ответственность исполнителя исследований и разработок (например, при финансировании из бюджетных источников), наблюдается, напротив, существенное завышение стоимости и сроков выполнения работ. Формальная и субъективная экспертиза проектов, отсутствие реальной конкуренции проектов и объективных критериев оценки затрат на исследования и разработки в зависимости от их содержания и получаемых результатов, жесткие и не всегда учитывающие объективные обстоятельства санкции в существенной мере способствуют стремлению исполнителей перестраховаться на стадии заявки проекта.

Детерминизм существующей системы принятия решений о финансировании работ на счет средств бюджета, негибкость и санкции как в случае изменившихся внутренних или внешних условий, так и в связи с дополнительной информацией, полученной на первых этапах исследований и разработок, относительная стабильность бюджетного финансирования также провоцируют организации-исполнителей к завышению запрашиваемой суммы.

Финансирование каждого очередного этапа должно осуществляться только после обстоятельной оценки результатов предыдущих с обязательной, при необходимости, корректировкой первоначального плана. Корректировка и даже прекращение финансирования тем НИОКР на ранних этапах, сразу после того как выявлена невозможность достижения запланированного результата и когда суммарные затраты на выполнение проекта еще невелики, экономически более оправданы, чем принятие санкций после завершения всей разработки [9].

По мере выполнения этапов снижается и степень неопределенности условий и конечного результата, сужается так называемый «конус неопределенности» [17]. Но «конус неопределенности» сужается не сам по себе, а только вследствие уточнения параметров проекта на каждом очередном этапе.

Ответственность исполнителя должна возникать, в первую очередь, не в связи с тем, что не достигнут заявленный результат, а в связи с тем, что исполнитель нарушил договор, не информировав своевременно инвестора о такой возможности. Строгое соблюдение сметы затрат и календарного плана, детально разработанных еще до начала исследований и разработок, не может обеспечить безусловное достижение планируемого результата, поскольку не исключает вероятностного характера процесса разработки, неопределенности других условий выполнения проекта и его результатов.

Неопределенность результата инновационных проектов существенно выше в условиях рыночной экономики (по сравнению с плановой), а также в случае привлечения внешних соисполнителей как на стадии разработки и освоения продукции, так и на стадии ее реализации, поскольку в этом случае возрастает опасность влияния стихийных бедствий, политических событий и экономических процессов, происходящих в странах-партнерах.

Особый вид риска – форс-мажор (фр. *force majeure* – чрезвычайные обстоятельства, которые не могут быть предусмотрены и предотвращены (например, стихийные бедствия, решения органов управления и т. п.). Обычно в договорах на выполнение исследований и разработок предусматривают отсутствие ответственности в случае наступления таких обстоятельств. При этом договаривающиеся стороны обязуются своевременно информировать друг друга о наступлении чрезвычайных обстоятельств, принимать меры по снижению возможного ущерба, внести солидарный вклад в его преодоление.

К распространенным причинам неэффективных разработок относятся также недобросовестность или некомпетентность (недостаточ-

ная информированность) исполнителя, заявившего необоснованные параметры изделий или технологии; недостаточная гибкость системы оценки промежуточных стадий проекта и принятия решений о продолжении финансирования; нечеткое распределение функций и ответственности исполнителя и инвестора, других участников инновационной деятельности в отношении ее результатов.

Признание неизбежной неопределенности результатов исследований и разработок и затрат на получение заданного технико-экономического результата обусловливает необходимость выработки определенных требований к представляемым проектам, к оценке их эффективности и обоснованных затрат до принятия решения о финансировании и процедуры оценки выполненных этапов и финансирования последующих.

Как следует из изложенного выше, к очевидным процедурам, снижающим риск инвестора и повышающим эффективность инновационного проекта, относятся:

- формализация и оценка исходной информации, представляемой разработчиком на экспертизу;
- разделение проекта не по календарным стадиям финансирования, а по содержанию выполняемых работ и представляемым материализованным результатам;
- дифференцированный подход к оценке затрат и результатов в зависимости от стадии в цикле «прикладные исследования – разработки – освоение производства»;
- гибкость планирования затрат и принятия решений: уточнение содержания и финансирование каждого последующего этапа только по оценке результатов предыдущих с необходимыми коррективами содержания исследований и разработок, сроков и затрат на их выполнение.

Препятствиями на пути реализации этих процедур оказываются детерминизм существующей системы планирования НИОКР за счет бюджетных средств и финансирования затрат, принципиальное непризнание законодателями и финансовыми органами неопределенности условий проведения исследований и разработок и их возможных результатов, а потому неизбежности риска.

Уменьшить риски можно и за счет снижения технического уровня разработки, значений достигаемых параметров, увеличения плановой стоимости проекта. В условиях отсутствия объективной и достаточно эффективной методики оценки затрат на стадии экспертизы инновационных проектов это ведет не только к необоснованному завышению их стоимости, но и тормозит создание и освоение в произ-

водстве наиболее эффективных, а потому рискованных технических решений, и если не тормозит, то в всяком случае и не ускоряет освоение принципиально новых конкурентоспособных изделий и новых технологий.

Достижению высокого уровня разработки могут препятствовать слишком жесткие временные рамки, отведенные для выполнения проекта и его этапов. Давление сроков представления отчета и иных результатов ведет к снижению качества исследований и разработок. К сожалению, в плановой системе, когда доминируют жесткие ограничения на сроки выполнения каждого этапа работы, негативный эффект неизбежен.

С увеличением сложности проекта и объема работ возрастает число участников, число связей между ними и иных факторов влияния. В результате оказывается, что вероятность выполнения проекта в срок тем меньше, чем больше объем работы, т. е. имеет место так называемый «масштабный эффект». Зависимость сложности проекта от числа связей пропорциональна не первой степени, а квадрату числа участников, поэтому и вероятность нарушения сроков возрастает не пропорционально числу участников, а в более высокой степени.

На практике стараются избежать нарушений сроков за счет увеличения числа исполнителей проекта, временно привлекая к его выполнению лиц с более низкой квалификацией, а потому снижается качество выполняемых работ, непропорционально результату повышаются затраты на его достижение. Здесь действует известное из практики правило: «чем ниже квалификация исполнителей, тем дороже обходится их труд».

Неопределенность, энтропия и информация. Результатом исследований является новое знание, или информация. Получение информации уменьшает неопределенность изучаемого объекта. На этой посылке базируется используемая в наукометрии одна из возможных количественных оценок результатов научных исследований.

Основы теории информации были заложены «отцом кибернетики» Н. Винером. Эта теория получила значительное развитие в 40-х годах прошлого столетия в работах К. Шеннона применительно к процессам передачи сообщений различными средствами связи. В последующем понятия энтропии и информации нашли применение при исследовании самых различных явлений. Общность этих явлений, например взаимодействия материальных частиц, передачи сообщений и научного исследования, лишь в наличии неопределенности состояний, в стохастической природе.

В качестве меры неопределенности в теории информации принята энтропия. Эта величина первоначально была введена в термодинамике как характеристика стохастических взаимодействий частиц – атомов и молекул. Но неопределенность присуща не только физическим, но и системам другой природы, в частности техническим и экономическим.

Поскольку неопределенность процесса и результата исследования или разработки можно связывать с наличием вариантов проявления объекта или осуществления процесса его исследования и разработки, заданных на некотором множестве возможных ситуаций, то формально степень неопределенности можно оценить с помощью энтропии по аналогии с другими стохастическими системами. Однако здесь необходимо отметить, что применение вероятностного подхода (стохастических моделей) обусловлено хотя бы виртуальным различием исходов при в целом неизменном комплексе внешних условий (см. подразд. 3.2). На самом деле природа и сущность научных исследований и разработок сложнее, чем многих технических систем, потому рассматриваемая здесь неопределенность не тождественна случайности.

Неопределенность стохастической системы имеет место, если система может находиться в различных состояниях. Если ее состояние строго определено, то энтропия как мера неопределенности равна нулю.

Если система может принимать n состояний с вероятностями p_i ($i = 1, 2, \ldots, n$), то ее энтропия равна

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i. \qquad (4.6)$$

Из формулы (4.6) следует, что в случае, когда состояние системы известно ($n = 1$ и $p = 1$), то $H = 0$ независимо от принятого основания логарифма.

Допустим, система может быть в двух состояниях с равными вероятностями $p_1 = p_2 = ½$. Энтропия такой системы, вычисленная по формуле (4.6) при основании логарифма 2, равна 1. Это соответствует заданию энтропии в двоичных единицах – битах. Такая единица широко используется в кибернетике и теории связи. Основание логарифма в формуле (4.6) может быть принято также равным 10, что означает задание энтропии в десятичных единицах – дитах. Следовательно, задание основания логарифма в формуле (4.6) означает по сути определение единицы энтропии.

Если система может принимать n состояний, то ее энтропия имеет наибольшее значение, когда эти состояния равновероятны. В этом случае энтропия системы равна $H = \log n$.

Пусть в исходном состоянии система имеет неопределенность, заданную значением энтропии H_0. Получение каких-либо сведений о системе уменьшает ее неопределенность (и энтропию) до значения H. На основании этого информация равна

$$I = H_0 - H. \tag{4.7}$$

Если получены полные сведения о системе, то $H = 0$, а $I = H_0$.

Энтропия может быть определена и для систем с непрерывным числом состояний, распределение которых задано плотностью $f(x)$:

$$H = -\int_{-\infty}^{\infty} f(x) \log f(x)\, dx.$$

Энтропия сложной системы, объединяющей две и более простые и независимые системы X_j ($j = 1, 2, \ldots, k$), определяется суммированием энтропии этих систем:

$$H(X_1, X_2, ..., X_k) = \sum_{j=1}^{k} H(X_j).$$

Информация также определяется по формуле (4.7).

Применение теории информации, основанной на представлениях теории вероятностей, для количественной характеристики результатов исследований, их неопределенности и рисков имеет известные методологические дефекты.

Как отмечалось в подразд. 3.2, теория вероятностей оперирует с так называемыми массовыми явлениями, которые в некоторых заданных условиях могут быть воспроизведены неоднократно. И в этом смысле есть существенная разница в приложениях теории вероятностей к физическим явлениям и техническим системам, с одной стороны, и к оценке исследований и разработок – с другой.

Для состояния физической или технической системы в некоторых эквивалентных условиях может быть получено несколько реализаций (простейшие примеры – бросание монет или игральной кости). В отличие от этого результат научного исследования при фиксированных условиях может иметь только одну реализацию. Любые другие реализации состояний этих систем могут быть только мысленными, виртуальными. Следовательно, экспериментальная оценка вероятностей, числовых характеристик и распределений параметров состояния таких систем практически невозможна. Чтобы как-то учесть это обстоятель-

ство, вместо «статистической» вероятности исследователи стохастических по природе явлений в науке и экономике вводят иногда такие понятия, как «шанс», «ожидание», «субъективная» или «индуктивная» вероятность и т. п. При этом все формальные соотношения теории вероятностей сохраняют в силе. Впрочем, аналогичная ситуация часто имеет место и при исследовании технических систем (см. подразд. 3.2 и 3.3), когда реализации тех или иных явлений стохастической природы могут быть только виртуальными.

Учет неопределенности при предварительной оценке стоимости проекта. Подход к оценке стоимости инновационного проекта должен основываться на следующих принципах:

- универсальности по отношению к видам продукции, но с учетом специфики конкретного ее вида;
- применимости на предприятиях различной формы собственности и при различных источниках финансирования;
- учета затрат и рисков на всех стадиях реализации проекта;
- многокритериальной, многоступенчатой и дифференцированной оценки в зависимости от уровня новизны, стадии разработки и степени готовности проекта;
- стохастического характера исходных данных и условий выполнения проекта и связанных с этим рисков разработчика, инвестора и изготовителя продукции;
- формализации требований к исходным данным и рекомендаций по формированию базы данных;
- учета особенностей инноваций на основе собственных разработок и приобретенных у других субъектов;
- возможности преимущественно количественного расчета и формализованного представления исходных данных и результатов оценки;
- обеспечения малых затрат на оценку (например, не более 1% от стоимости проекта);
- ориентации на последующее принятие решений о целесообразности финансирования проекта и отдельных его стадий и на прогнозную оценку экономической эффективности разработки.

Ниже приводится пример оценки стоимости инновационного проекта, направленного на освоение производства нового изделия из полимерных материалов, иллюстрирующий возможность учета неопределенности условий реализации проекта путем оценки энтропии.

К особенностям проектов разработки и освоения производства новых изделий из полимерных материалов следует отнести:

• повышенную зависимость результата от квалификации организации-разработчика;

• высокий уровень риска недостижения запланированного результата;

• высокую долю конструкторской документации и соответственно затрат на оборудование и оснастку, на отработку технологии, испытания и сертификацию продукции.

К основным стадиям проекта отнесены: *1* – разработка конструкторской документации на изделие и СТО; *2* – изготовление СТО; *3* – отработка технологии изготовления и испытания изделия; *4* – освоение рынка. Условия выполнения проекта на каждой из перечисленных стадий проекта различны, и потому предполагается, что эти стадии выполняют различные субъекты хозяйствования.

Оцениваемые затраты на каждой стадии реализации проекта считаются случайными величинами, заданными на множестве вариантов реализации. Так, стоимость разработки КД на изделия и СТО зависит от объема и содержания КД, квалификации и финансовых условий организации-разработчика. Каждый фактор имеет статистическую природу, которая учитывается через случайные коэффициенты, отражающие возможные флуктуации объема, сложности и оригинальности конструкции, неоднородность условий разработки.

Допустим, что стоимость КД пропорциональна ее объему, выраженному, например, в листах формата А1, и зависит от оригинальности, сложности и других свойств разрабатываемого изделия, от месячной зарплаты, производительности труда и от квалификации исполнителей. Моделируя эти факторы с учетом статистических данных по изделиям избранного типа, формы и размеров вновь разрабатываемого изделия, особенностей его конструкции и конструкции оснастки, рассчитываем возможный диапазон объема КД (например, от 25 до 35 листов).

Для расчета стоимости КД трудозатраты каждой организации – возможного разработчика проекта – делим на коэффициент, равный доле трудозатрат в стоимости КД, разрабатываемой данной организацией. Эта доля рассматривается как случайная величина, заданная на множестве организаций-разработчиков и выполняемых ими проектов и распределенная по нормальному закону. Параметры распределения – среднее значение среднее квадратическое отклонение – находим исходя из структуры затрат. Получим гистограмму распределения затрат на разработку КД (рис. 4.4).

По найденному закону распределения стоимости разработки КД находим вероятность успешной реализации данной стадии проекта: $Q_1(X_1) = P(\xi > X_1)$, где X_1 – прогнозный объем финансирования разработки КД. Вероятность недостижения заданных параметров на стадии разработки $P_1(X_1) = 1 - Q_1(X_1)$ также является функцией объема финансирования. Она характеризует уровень риска, связанного с выполнением данной стадии проекта. По этому показателю инвестор может оценить уровень риска в зависимости от объема финансирования этой стадии. Согласно данным на рис. 4.4, при объеме финансирования 1630 у. е. риск инвестора оценивается уровнем $P_1(X_1) = 0{,}16$, а вероятность успешного выполнения проекта $Q_1(X_1) = 0{,}84$.

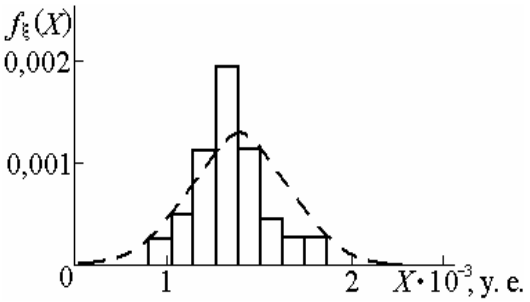


Рис. 4.4. Гистограмма (столбики) и аппроксимирующая кривая плотности распределения (штриховая линия) затрат на разработку КД

Оценивая таким же образом затраты на осуществление последующих стадий проекта, находим соответствующие им уровни риска как функции объемов финансирования: $P_2(X_2)$, $P_3(X_3)$ и $P_4(X_4)$. Общий объем затрат на выполнение проекта при рассчитанных уровнях риска равен $X = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$.

Помимо рисков, непосредственно связанных с выполнением проекта, могут быть риски с вероятностью P_5, обусловленные внешними (по отношению к данному проекту) факторами. Они оцениваются по схеме, принятой для инвестиционных проектов (см., например, [13]).

Рассматривая ситуации, связанные с осуществлением проекта на разных стадиях, как независимые, находим в качестве суммарной оценки риска $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$. Величина $P_0 = 1 - P$ равна вероятности успешного выполнения проекта при общем объеме финансирования X.

Примем далее в качестве меры неопределенности достижения заданной эффективности проекта шенноновскую меру энтропии, которая рассчитывается по формуле (4.6). В рассматриваемом случае число возможных исходов $n = 5$. В качестве единицы энтропии примем дит.

Как и величины P_i, входящие в формулу (4.6), энтропия зависит от объема финансирования всего проекта и его отдельных стадий, а также от риска P_5, обусловленного внешними факторами. Пример такой зависимости, полученной в предположении, что затраты на каждой стадии проекта распределены по нормальному закону, показан на рис. 4.5.

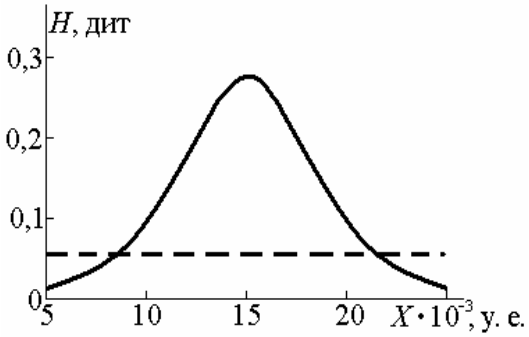


Рис. 4.5. Зависимость меры неопределенности результатов выполнения проекта от размеров его финансирования

Штриховая линия, параллельная оси абсцисс, соответствует некоторой границе неопределенности, задаваемой для данного типа проектов. Примем, например, эту границу равной 0,05 дит. Тогда точки пересечения этой линии рассчитанной зависимости энтропии как функции объемов финансирования дают два значения инвестиций. Первое ($X_* \sim 7600$ у. е.) соответствуют малым размерам финансирования. Это значение соответствует низкому уровню неопределенности, поскольку при данном объеме финансирования практически невозможно обеспечить успешное завершение проекта. Практический интерес представляет область кривой, лежащая справа от максимального значения энтропии. Определяемый по второй точке пересечения размер финансирования $X^* = 22\,600$ у. е. следует рассматривать как достаточный для достижения целей проекта при заданном относительно низком (0,05 дит) уровне неопределенности.

Получена оценка двух границ стоимости – верхней, включающей дополнительные затраты, и нижней, допускающей получение более низкого результата, недостижение заданных параметров вследствие недостаточного финансирования. Чем ближе размер затрат на разработку к верхней границе, тем выше вероятность достижения требуемого результата при условии, что направление разработки (техническое решение) выбрано правильно. И наоборот, чем ближе уровень финансирования к нижней границе, тем больше вероятность недостижения этого результата.

Таким образом, по результатам расчета энтропии как функции затрат на разработку могут быть определены допускаемые границы неопределенности результата и вычислены соответствующие им размеры финансирования проекта. Могут также варьироваться объемы финансирования и неопределенности на каждой стадии проекта. Введение условных вероятностей и расчет соответствующих значений энтропии позволяет оценивать неопределенности после осуществления каждой последовательной стадии проекта и, тем самым, оптимизировать объемы финансирования и снижать риски недостижения запланированного результата.

Оценка границ стоимости проекта с учетом рисков разработчика и инвестора. Предполагается, что разработчик продукции имеет предварительную информацию и ресурсы, необходимые для выполнения проекта. К ним относятся включаемые в ТЗ (см. подразд. 3.1) нормативные требования к продукции (функциональные, конструктивные, безопасности, экологические и т. п.), результаты проведенных ранее патентно-информационных исследований, полученные или заявленные для патентования технические решения, сведения о производственных мощностях, технологиях и средствах технологического оснащения, необходимых для изготовления макетов, экспериментальных и опытных образцов, о методиках и средствах испытаний, результаты проведенных ранее испытаний макетов или экспериментальных образцов, данные о наличии специалистов необходимой квалификации, сведения о потенциальном рынке сбыта, об объемах производства и ценах на изделия-аналоги, наличие проекта ТЗ или аванпроекта, отчета о предпроектных исследованиях. Эта информация разработчика отражается в технико-экономическом обосновании (бизнес-плане) проекта. Наряду с оценкой уровня обеспеченности дается оценка стоимости (табл. 4.8).

Таблица 4.8

Оценка уровня обеспеченности проекта и стоимости имеющихся ресурсов

Вид	Уровень обеспеченности	Оценка стоимости, у. е.
1. Нормативные требования	0,5	1 000–3 000
2. Технические решения	0,3	5 000–10 000
3. Производственные мощности	0,4	15 000–25 000
4. Специалисты	0,4	10 000–16 000
5. Рынки сбыта	0,3	4 000–8 000

По уровню обеспеченности информацией и ресурсами по формуле (4.6) рассчитывают энтропию исходных данных H_0 и показатель обеспеченности $I_0 = 1 - H_0$. По данным табл. 4.8 $H_0 = 0{,}78$, $I_0 = 0{,}22$.

Предполагается, что стоимость распределена по нормальному закону с параметрами $\overline{C}_i$ (среднее значение) и sc_i (среднее квадратическое отклонение); $C_{i_в}$ и $C_{i_н}$ – верхняя и нижняя границы стоимости соответствуют отклонениям от среднего значения $\overline{C}_i$ не более двух sc_i (вероятность того, что стоимость находится внутри этого диапазона, составляет примерно 95%). Тогда среднее значение $\overline{C}_i = (C_{i_в} + C_{i_н}) / 2$,

а среднее квадратическое отклонение $sc_i = (C_{i_в} - C_{i_н}) / 4$. Далее в предположении независимости стоимости отдельных ресурсов находятся границы для их суммы с учетом уровня обеспеченности P_{0_i}.

Для определения стоимости этапов разработки также задаются верхняя и нижняя границы. Эти границы могут быть заданы как разработчиком, так и инвестором (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Оценка стоимости этапов проекта разработчиком и инвестором

Этап (вид работ)	Оценка разработчика, у. е	Оценка инвестора, у. е.
1. Патентные исследования	10 000–14 000	5 000–10 000
2. Разработка КД	10 000–15 000	8 000–12 000
3. Разработка технологии	16 000–18 000	12 000–15 000
4. Подготовка производства	14 000–18 000	12 000–15 000
5. Испытания	10 000–15 000	8 000–12 000

По данным границам также в предположении о нормальном законе распределения и статистической независимости стоимости этапов рассчитываются среднее значение и среднее квадратическое отклонение стоимости отдельных этапов (видов работ), строятся $N(C', \overline{C}, sc) = P(C < C')$ – функции нормального распределения стоимости (вероятности того, что стоимость проекта меньше заданной).

Затраты на выполнение каждого этапа с заданной вероятностью $P(C')$ не превысят значения C', определяемого как $P(C')$-квантиль нормального распределения: $P(C') = N(C', \overline{C}, sc)$. Суммарные затраты на разработку, обеспечивающие достижение заданных параметров с вероятностью P, находят как

$$C_\Sigma = \sum_i N^{-1}(C_i, \overline{C}, sc_i).$$

Зависимость вероятности $Q(C_\Sigma) = 1 - P(C_\Sigma)$ от суммарных затрат C_Σ – это так называемая оперативная характеристика стоимости проекта, которую строят как по оценкам разработчика, так и по оценкам заказчика (рис. 4.6).

Разность затрат на выполнение разработки по оценкам разработчика (индекс р) и инвестора (и) распределена также по нормальному закону с параметрами ($\overline{X}р - \overline{X}и$, $(sXр^2 + sXи^2)^{1/2}$).

$q1X$-квантиль этого распределения ($q1X > 0{,}9$) дает цену риска инвестора – его необоснованные затраты в случае, когда оценка стоимо-

сти разработки, предложенная разработчиком, окажется меньше оценки инвестора. С другой стороны, при $q2X < 0{,}1$ находят цену риска разработчика, когда его оценка стоимости разработки оказывается больше границы, предложенной инвестором. Вероятности риска разработчика и инвестора получают как Nр ($X_{макс}$, $\bar{X}$р, sXр) и Nи ($X_{мин}$, $\bar{X}$р, sXр) соответственно.

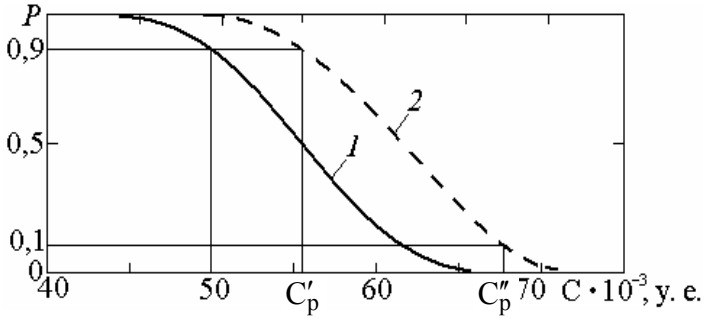


Рис. 4.6. Оперативные характеристики стоимости проекта по оценкам инвестора (*1*) и разработчика (*2*)

Изложенная здесь процедура оценки риска и его цены аналогична известным и ранее даже стандартизованным (ГОСТ 18242–72) методам статистического приемочного контроля продукции по альтернативному признаку. Правила статистического приемочного контроля основаны на результатах решения задачи статистической проверки гипотез. Риск разработчика и инвестора, оцениваемый по оперативным характеристикам, показанным на рис. 4.6, представляет собой в терминах математической статистики вероятности ошибок I и II рода.

Очевидно, что наличие у разработчика информации и ресурсов, необходимых для успешного выполнения проекта, снижает цену и вероятности риска. Если доля исходной информации составляет P_0 от полной, то по формуле (4.6) рассчитывается энтропия как мера неопределенности проекта на стадии ТЗ, а $I_0 = 1 - H_0$ – уровень обеспеченности информацией.

Количественную оценку снижения риска при наличии такой информации получают, увеличивая среднее значение стоимости отдельных этапов на значения $q1X$-квантиля стоимости информации и ресурсов, умноженных на уровень обеспеченности данным видом информации или ресурса, а среднее квадратическое отклонение стоимости этапов увеличивают пропорционально отношению среднего значения стоимости информации к средней стоимости работ по этапу.

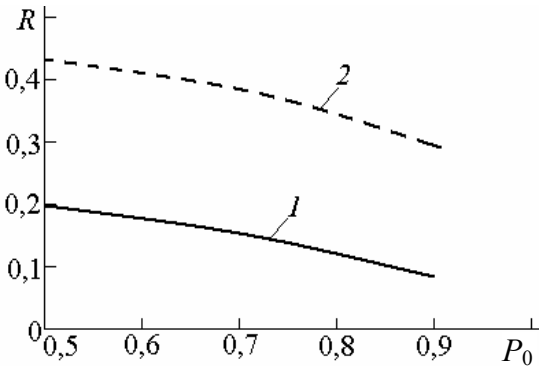


Рис. 4.7. Зависимость рисков инвестора (*1*) и разработчика (*2*), от объема исходной информации P_0

В качестве меры риска (неопределенности результатов разработки) может использоваться шенноновская мера энтропии, рассчитываемая по вероятности достижения заданного результата при установленном суммарном объеме финансирования и вероятностям недостаточного финансирования каждого этапа.

По мере увеличения объема исходной информации P_0 и, соответственно, повышения уровня обеспеченностью информацией I_0 риски инвестора и разработчика снижаются (рис. 4.7).

Применение известных процедур статистического приемочного контроля, достаточно хорошо отработанных на практике, позволяет оценить затраты на выполнение отдельных стадий разработки с учетом риска разработчика и инвестора, получить более надежную информацию о допустимой стоимости проекта по сравнению с данными, получаемыми на основе известных подходов. Таким образом, можно оптимизировать затраты на разработку и освоение производства изделий при практически гарантированном достижении заданных технико-экономических результатов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Высокая технология – наукоемкая технология в области информатики, микроэлектроники, оптики, новых материалов, ракетной, космической и военной техники и в других областях, основанная на новых виртуальных моделях, на физических, химических или биологических явлениях, изученных на микро- или атомно-молекулярных уровнях и требующих при практической реализации высокой научной и инженерной квалификации производственного персонала; обеспечивает получение качественно новых и более эффективных продуктов, более высокие уровни производительности труда, низкую энерго- и материалоемкость продукции.

Гибкая технология – производственная технология, позволяющая адаптировать производство к изменению параметров и номенклатуры производимых материалов и изделий с минимальными затратами времени и средств.

Жизненный цикл продукции – совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния продукции от формирования исходных требований к ней до утилизации.

Изделие (в ЕСКД) – предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Инновационная деятельность – деятельность, направленная на создание и освоение новых видов продукции, новых технологий, услуг и организационно-управленческих методов.

Инновационная программа – документ, определяющий цели, задачи, пути осуществления и предполагаемые результаты инновационной деятельности предприятия, отрасли, государства.

Инновационный проект – совокупность документов, определяющих цели и задачи, основные параметры и пути осуществления конкретной инновации и сам процесс проведения прикладных исследований и разработок, нацеленных на создание научно-технических нововведений, их практическое использование в производстве и реализации продукции, оказании услуг.

Инновация – обновленные продукты и технологии; результат инновационной деятельности. В зависимости от обновленного объекта различают *продуктовые и технологические (процессные) инновации*.

Интеллектуальная собственность – исключительное право гражданина или юридического лица на результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации юридического лица, индивидуализации продукции, выполняемых работ или услуг (фирменное наименование, товарный знак, знак обслуживания и т. п.).

Информационная технология – технология, связанная с формированием, преобразованием или передачей информации, включающие, в частности, создание программных и иных, в том числе биологических средств представления информации, технических устройств для формирования, преобразования и передачи информации – вычислительной техники, телекоммуникаций и т. п., а также средств использования информации в различных сферах практической деятельности.

Конкурентоспособность продукции – способность в определенный период обеспечить коммерческий или иной успех на конкретном рынке в условиях конкуренции или противодействия.

Критическая технология – технология межотраслевого характера, оказывающая решающее влияние на развитие научных исследований и производства.

Нанотехнология – технология создания или преобразования веществ, включающая управление структурой элементов с размерами порядка нанометра.

Наука – форма общественного сознания (в философии); сфера человеческой деятельности, направленной на выработку, систематизацию, формализацию и применение новых знаний.

Наукоемкая технология – технология, созданная и осуществляемая на основе научных исследований и базирующихся на них новых технических решений.

Научная деятельность – творческая деятельность, направленная на получение знаний о природе, человеке, обществе, искусственно созданных объектах и на использование научных знаний для разработки новых способов их применения; включает научно-исследовательские работы, подготовку и аттестацию научных работников высшей квалификации, апробацию (проверку) пригодности результатов НИР для достижения конкретных целей.

Научно-техническая деятельность – проведение прикладных исследований и разработок с целью создания новых или усовершенствования существующих способов и средств осуществления конкретных процессов, а также научно-методическое, патентно-лицензионное, программное, организационно-методическое и техническое обес-

печение научных исследований и разработок, распространение и применение их результатов.

Научно-техническая продукция – научные знания или технические решения, зафиксированные на любом информационном носителе, а также модели, макеты, образцы новых изделий, материалов, веществ.

Научно-технологическое развитие – изменение техники и технологий на базе достижений науки.

Новая технология (продукция) – впервые осваиваемая или впервые освоенная на данном предприятии, в стране, мире.

Ноу-хау – техническая, организационная или коммерческая информация, имеющая действительную или потенциальную коммерческую ценность в силу неизвестности ее третьим лицам; к ней нет свободного доступа на законном основании; обладатель информации принимает надлежащие меры к охране ее конфиденциальности.

Опытно-конструкторские работы – комплекс работ, выполняемых при создании или модернизации продукции: разработка конструкторской и технологической документации на опытные образцы (опытную партию), изготовление и испытание опытных образцов (опытной партии).

Опытно-технологические работы – комплекс работ по созданию новых веществ, материалов и (или) технологических процессов и изготовлению технической документации.

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

Производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых для изготовления изделий; включает подготовку средств производства, получение, хранение и транспортирование материалов, полуфабрикатов, заготовок, отдельных частей и изделий, все стадии изготовления изделия, его технический контроль и испытания, упаковку и другие действия, связанные с изготовлением изделия.

Промышленная продукция – материализованный результат трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами и предназначенный для удовлетворения потребностей общественного или личного характера.

Разработка – деятельность, направленная на создание или усовершенствование способов и средств осуществления процессов в конкретной области практической деятельности, в частности на создание

новой продукции и технологий; на создание технической (конструкторской, технологической, организационной и иной) документации, образцов и средств технологического оснащения, необходимых для организации производства.

Техника – совокупность средств, создаваемых для осуществления процессов производства или деятельности в непроизводственной сфере: машины, механизмы, приборы и устройства, другие средства труда, составляющие производительные силы общества, а также совокупность навыков и приемов осуществления какого-либо вида деятельности – в научных исследованиях и производстве, а также в управлении, искусстве, спорте и др.

Технология – последовательность действий при выполнении определенных работ (преобразования вещества, энергии и информации), а также отрасль науки, предмет которой – методы выполнения работ.

Технология двойного назначения – технология, позволяющая использовать приемы, применяемые в производстве военной техники, в других отраслях.

Технологический процесс – часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и (или) определению состояния предмета производства и включающая последовательное изменение и измерение свойств материала или заготовки (полуфабриката), внешнего вида, формы и размеров.

Фундаментальные научные исследования – теоретические и (или) экспериментальные исследования, направленные на получение новых знаний об основных закономерностях развития природы, человека, общества, искусственно созданных объектов.

Эффект – в широком смысле – результат любой деятельности.

Эффективность – обобщенно – отношение получаемого эффекта к затратам или иным параметрам деятельности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ИССЛЕДОВАНИЕ
(ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ)

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра механики материалов и конструкций

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ _____
(ученое звание, степень, подпись, Ф.И.О.)
«___»_____20__ г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
НА ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕМЕ
«КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КАБИНЫ ТРАКТОРА МТЗ 2520»
(ЗАДАНИЕ НА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКУЮ РАБОТУ)

СОГЛАСОВАНО

ИСПОЛНИТЕЛЬ
Студент гр. 1-ХТиТ-V _____
(подпись, Ф.И.О.)

РУКОВОДИТЕЛЬ

_____ _____
(ученое звание, степень, подпись, Ф.И.О.)

Минск 20___

1. Основание для проведения исследований – Предложения предприятия … исх. № от …; или задание … ГНТП …; или разработка инициативная

2. Сроки выполнения: начало _____, окончание _____.

3. Цель исследования – уточнение исходных данных для проектирования.

4. Задачи исследования – оценка технического уровня и патентной чистоты конструкции и технологии; уточнение основных параметров изделия и технологического процесса; определение перспективных технический решений.

5. Исходные данные – результаты предварительных исследований, чертежи и технические условия на изделия-аналоги, источники научно-технической и патентной информации по теме … и т. д.

6. Этапы НИР

6.1. Патентно-информационные исследования по объектам (раздел отчета) – _____.

6.2. Выбор материала, основных параметров конструкции и технологического процесса, разработка программы и методики испытаний материала, изделия (макетов), технологических процессов или средств технологического оснащения (конкретизируется в зависимости от разрабатываемой темы содержание работы и форма отчетности) – _____.

6.3. Разработка модели исследуемого материала, технологического процесса, функционирования изделия, средств технологического оснащения и проведение необходимых расчетов (чертежи общего вида, раздел отчета с иллюстрациями) – _____.

6.4. Экспериментальное определение характеристик эксплуатационных и (или) технологических свойств материалов, параметров изделий (путем испытания макетов), параметров разрабатываемых технологических процессов и средств технологического оснащения (протоколы испытаний). – _____.

6.5. Обработка и анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, их сопоставление и сравнение с результатами, известными из литературных источников (раздел отчета). – _____.

6.6. Оценка технико-экономических показателей разрабатываемых материалов, изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения, затрат на разработку и освоение производства, предварительную оценку экономической эффективности разработки. – _____.

6.7. Выработка предложений по использованию полученных результатов, уточнение параметров разрабатываемых объектов, выбор оптимальных технических решений. – _____.

6.8. Составление проекта ТЗ на разработку (в виде дипломного проекта). – _____.

6.9. Составление отчета о НИР (включая отчет о патентных исследованиях), подготовку материалов для докладов или возможного опубликования в печати. – _____.

7. Требования к результатам

Номенклатура определяемых показателей в соответствии со стандартами на изделия, материалы, нормативно-техническими документами на технологические процессы.

Условия получения, диапазон изменений параметров, объем эксперимента или расчетов, способ представления и т. п. по всем основным объектам исследования.

8. Способ реализации результатов – использование для составления технического задания на разработку в дипломном проекте.

9. Перечень документации, предъявляемой по результатам исследования – отчет о НИР согласно ГОСТ 7.32–2001 с приложениями (расчетами, протоколами испытаний и т. п.), проект технического задания на разработку изделия.

10. Требования к обеспечению коммерческой тайны

Сведения о результатах исследований и основные технические решения могут быть опубликованы, в т. ч. доложены на студенческих и иных конференциях, с разрешения руководства БГТУ, а в необходимых случаях – и руководства предприятия-заказчика, получаемого в установленном порядке.

11. Порядок рассмотрения, сдачи и приемки результатов

Предъявление промежуточных результатов – согласно календарному графику проведения исследования.

Сдача и защита отчета о НИР в установленные сроки.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА РАЗРАБОТКУ ПРОДУКЦИИ (СОДЕРЖАНИЕ ПО СТБ 972–2000)

---

1 Наименование и область применения (использования) продукции.
2 Основание для разработки.
3 Цель и назначение разработки.
4 Источник финансирования.
5 Технические требования.
5.1 Требования назначения.
5.2 Состав продукции.
5.3 Конструктивные требования.
5.4 Требования экономного использования сырья, материалов, топлива, энергии.
5.5 Требования стойкости к внешним воздействиям.
5.6 Требования надежности.
5.7 Требования технологичности.
5.8 Требования безопасности и охраны окружающей среды.
5.9 Требования совместимости.
5.10 Требования к взаимозаменяемости и унификации.
5.11 Требования эргономики.
5.12 Требования к патентной чистоте.
5.13 Требования к составным частям (при наличии), исходным и эксплуатационным материалам.
5.14 Условия эксплуатации (использования), требования к техническому обслуживанию и ремонту (при необходимости).
5.15 Требования к маркировке и упаковке.
5.16 Требования к транспортированию и хранению.
5.17 Требования к метрологическому обеспечению.
5.18 Дополнительные требования.
6 Экономические показатели.
7 Стадии и этапы разработки.
8 Порядок контроля и приемки, предъявляемые материалы.
9 Приложения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
(ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ)

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе

_____ _____
(ученое звание, степень, подпись, Ф.И.О.)
«_____» _____20___ г.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
ПО ТЕМЕ № _____
РАЗРАБОТАТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТКАНЫХ ОТХОДОВ В КОМПОЗИЦИИ С ВТОРИЧНЫМИ ПОЛИМЕРАМИ

Руководитель НИР _____ _____
(ученое звание, степень, подпись, Ф.И.О.)

Зав. патентно-информационным отделом _____ _____
(ученое звание, степень, подпись, Ф.И.О.)

Минск 20___

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ
(по ГОСТ 7.32–2001)

Содержание

1. Общие данные об объектах исследования .....
2. Технический уровень и тенденции развития объекта техники.....
3. Патентная ситуация по объектам поиска и патентная чистота разрабатываемых объектов .....
4. Оценка патентоспособности технических решений .....
Заключение .....
Приложение А. Задание на проведение патентных исследований...
Приложение Б. Регламент поиска .....
Приложение В. Отчет о поиске .....

---

1 Общие данные об объектах исследования

Назначение и область применения объектов исследования – получение формованных изделий из композиции тканых материалов, извлекаемых из твердых бытовых отходов, с вторичными полимерами.

Объекты исследования и разработки

1. Процессы подготовки и предварительного совмещения отходов тканых материалов и вторичных полимеров и необходимые для этого технические средства.

2. Формовочные составы из совмещенных компонентов.

3. Процессы и технические средства ввода совмещенных композиций в экструдер, совмещения и пластикации в экструдере.

4. Процессы формообразования изделий из совмещенных и пластицированных композиций на основе тканых материалов, извлекаемых их твердых бытовых отходов, и вторичных полимеров.

5. Изделия, получаемые из отходов тканых материалов и вторичных полимеров.

2 Технический уровень и тенденции развития объекта техники

Заданием предусмотрены следующие основные технико-экономические показатели разрабатываемого технологического процесса формования изделий из текстиля, извлекаемого из бытовых отходов, в композиции с вторичными полимерами:

Объем производства – не менее 500 т/год;

Стоимость изделий – не более 2000 руб./кг;

Энергоемкость – не более 1 кВт·ч/кг изделий;

Срок окупаемости инвестиций – не более 2 лет.

Разрабатываемая технология относится к комплексным и включает процессы подготовки и предварительного совмещения отходов тканых материалов и вторичных полимеров, процессы пластикации (перевода матричного полимера в расплавленное состояние) и процессы формообразования изделий из совмещенных и пластицированных композиций.

Помимо указанных, в качестве объектов исследования должны рассматриваться сами композиции из отходов текстиля и вторичных полимеров и способы их получения, необходимые для этого технические средства и получаемые в результате совмещения компонентов полуфабрикаты; технические средства пластикации композиций (в зависимости от применяемого способа пластикации); технические средства для формообразования изделий из совмещенных и пластицированных композиций, а также изделия, получаемые из отходов текстиля и вторичных полимеров.

К числу ведущих организаций по теме предстоящего исследования в Республике Беларусь относятся: (*указать ведущие организации*).

За рубежом исследования и разработки по использованию волокон растительного происхождения, включая текстильные отходы, в композиции с термопластичными полимерами проводятся во многих развитых странах (*перечислить*).

Исследования и разработки относятся преимущественно к материалам термопластичных полимеров, наполненных частицами и волокнами растительного происхождения. Предложения, касающиеся текстильных отходов, имеются только в связи с комплексной переработкой бытовых отходов. Технические решения, обеспечивающие высокопроизводительную и энергоэффективную переработку текстильных отходов в качестве армирующего наполнителя в композиционные материалы конструкционного назначения, не известны.

3 Патентная ситуация по объектам поиска и патентная чистота разрабатываемых объектов

Ниже приводится статистика патентной документации передовых стран, отнесенной к основным классам, соответствующим предмету разработки (см. приложение В), и даются комментарии по этим данным.

Как следует из таблицы 1 и анализа технических решений, представленных в весьма многочисленной группе D04H 1/00, преобладают решения, относящиеся к нетканым материалам (в основном в общей группе 1/00 и в числе прочих 13/00) и к способам соединения, среди которых преобладают сварка, растворение, добавление термоактивируемых компонентов. Наряду с несколькими тысячами технических решений, запатентованных за рубежом в этой группе, очень малочисленны патенты Российской Федерации, в Республике Беларусь – лишь единичны.

Таблица 1 – Статистика патентной документации

Классы	D04H 1/00	1/40	1/42	1/44	1/48	1/54	1/56	1/58	1/60	1/62
DE	549	163	877	143	144	471	223	268	72	30
EP	592	16	990	247	150	971	514	185	126	24
WO	327	20	456	35	70	422	183	85	57	7
US	1556	9	37	26	48	176	142	369	18	7
RU	23	10	25	12	7	39	12	10	4	2
BY	3	–	1	1	1	1	4	1	1	–

На основании анализа патентной ситуации составлен регламент поиска (приложение Б).

Выводы. 1. В целом по классу объектов, относящихся к предмету исследований и разработок, имеются многочисленные технические решения, запатентованные за рубежом.

2. В Российской Федерации и в Республике Беларусь выданы лишь единичные патенты по соответствующим классам, причем не относящиеся непосредственно к разрабатываемым объектам, что облегчает оценку и обеспечение патентной чистоты разрабатываемых объектов в отношении этих стран.

4 Оценка патентоспособности технических решений

Волокнистая структура для изготовления композиционного материала, содержащая в качестве наполнителя волокна, извлекаемые из текстильных отходов, отличается тем, что содержит пленочные нити, извлекаемые из утилизируемой полипропиленовой мешковины, в количестве, соответствующем массовой доле матрицы в композиционном материале, преимущественно 40–60 мас. %.

Способ получения волокнистой структуры для изготовления композиционного материала, содержащей в качестве наполнителя волокна, извлекаемые из текстильных отходов, включает смешивание

волокон наполнителя с матричными термопластичными волокнами и отличается тем, что матричные волокна и волокна наполнителя смешивают путем совместного измельчения и разволокнения текстильных отходов и утилизируемой полипропиленовой мешковины.

Для получения предлагаемой волокнистой структуры может быть использовано оборудование, имеющееся на предприятиях, производящих нетканые материалы, причем реконструкция или переналадка его и изменения технологического процесса не требуются. Производительность этих машин и агрегатов на их основе от 200 до 1200 кг/ч, поэтому себестоимость получаемой волокнистой структуры не превышает себестоимости волокна регенерируемого, изготавливаемого из отходов текстиля.

Предлагаемые технические решения упрощают процесс получения волокнистой структуры, пригодной для изготовления композиционного материала конструкционного назначения из волокон, извлекаемых из текстильных отходов, и позволяет снизить стоимость получаемых из этой структуры композиционного материала и изделий.

Результаты анализа патентоспособности технических решений, отнесенных к перечисленным выше объектам, содержатся в отчете о поиске (приложение В).

Заключение

1. Установлена патентная чистота предлагаемых технических решений в отношении Республики Беларусь и Российской Федерации.

2. Найдены аналоги и установлена патентоспособность предлагаемых технических решений по объектам:

– процессы подготовки и предварительного совмещения отходов тканых материалов и вторичных полимеров и необходимые для этого технические средства;

– формовочные составы из совмещенных компонентов;

– процессы и технические средства ввода совмещенных композиций в экструдер, совмещения и пластикации в экструдере.

3. В связи с выявленными возможностями создания патентоспособных технических решений целесообразно продолжить поиск аналогов по объектам:

– процессы формообразования изделий из совмещенных и пластицированных композиций на основе тканых материалов, извлекаемых из твердых бытовых отходов, и вторичных полимеров;

– изделия, получаемые из отходов тканых материалов и вторичных полимеров.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе

_____ _____
(ученое звание, степень, подпись, Ф.И.О.)
«_____» _____20___ г.

ЗАДАНИЕ № _____
НА ПРОВЕДЕНИЕ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наименование темы

_____

Этап работы: 1. Исследование технологии совмещения тканых и полимерных компонентов и формообразования изделий из них.

Задачи исследований: 1. Оценка патентной чистоты в отношении Республики Беларусь и Российской Федерации и технического уровня предлагаемых технических решений.

2. Выявление аналогов и оценка патентоспособности предлагаемых технических решений.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Виды патентных исследований	Подразделения-исполнители	Исполнители (Ф.И.О.)	Сроки выполнения	Отчетные документы
1. Оценка технического уровня предлагаемых технических решений и патентной чистоты в отношении Беларуси			I–II кв. 20___ г.	Отчет о патентных исследованиях
2. Выявление аналогов и оценка новизны патентоспособных технических решений			I–IV кв. 20___ г.	Заявки на патентование новых технических решений

Руководитель патентного подразделения _____
(подпись, расшифровка подписи, дата)

Руководитель подразделения-исполнителя _____
(подпись, расшифровка подписи, дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РЕГЛАМЕНТ ПОИСКА № _____

Наименование темы

_____

Цели поиска информации: 1. Оценка патентной чистоты в отношении Республики Беларусь и Российской Федерации и технического уровня предлагаемых технических решений.

2. Выявление аналогов и оценка новизны патентоспособных технических решений.

Краткое обоснование регламента поиска. Составлен на основе технического задания и календарного плана работ по теме. Включает перечень объектов, являющихся предметом исследований и разработки. С учетом особенностей предмета исследований и разработки, а также рубрикации МПК объекты разделены на пять основных групп.

Регламент предусматривает поиск аналогов и анализ патентной ситуации не только по основным, но и по смежным классам патентной документации и индексам УДК.

Глубина поиска определена с учетом развития техники и технологии по основным объектам исследований и разработок. В связи с интенсивным развитием соответствующих направлений науки и техники нецелесообразно углубление поиска более чем на 20 лет. В качестве информационной базы с целью повышения эффективности поиска и с учетом задач патентных исследований определены, в первую очередь, Интернет-ресурсы патентных ведомств Республики Беларусь, ведущих стран мира и международных организаций, осуществляющих защиту объектов промышленной собственности. Они наиболее информативны и наиболее доступны для экспресс-анализа. Патентование в европейских странах разрабатываемых технических решений не предусматривается, поэтому оценку патентной чистоты технических решений предполагается ограничить Республикой Беларусь и Российской Федерацией.

Источники информации, по которым будет производиться поиск, перечислены в прилагаемой таблице.

Таблица Б.1 – Источники информации, по которым будет производиться поиск

Предмет поиска (объект, его составные части)	Страна поиска	Патентные		НТИ		Ретро-спек-тивность	Наименование информацион-ной базы (фонда)
		Наименование	Рубрики МПК	Наименова-ние	Индекс УДК		
Процессы подготовки и предварительного совмещения отходов тканых материалов и вторичных полимеров и необходимые для этого технические средства	Бела-русь, Россия, США, ФРГ	Изготовление текстильных изделий, в частности из волокнистых материалов. Нетканые материалы из текстильных, натуральных, штапельных или искусственных волокон малой длины. Смешивание. Изготовление заготовок. Регенерация пластиков. Материалы и изделия из древесных волокон.	D04H 1/00, **1/12**, 1/40, **1/42**, 1/44, 1/48, 1/54, 1/56, 1/58, **1/60**, 1/62, 1/64, 1/70, 1/72; 11/00, **13/00, 13/02** B29B 7/00, 11/00, 15/00, B29B 17/04 B27N 3/00, 3/12, 3/18	Технология текстильного производства Нетканые материалы Натуральные волокна Древесные отходы, переработка	621 677 674	Не менее 15 лет	belgospatent.org.by fips.ru dpma.de uspto.gov Патентный фонд РНТБ

Руководитель патентного подразделения _____
(подпись, расшифровка подписи, дата)

Руководитель подразделения-исполнителя _____
(подпись, расшифровка подписи, дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОТЧЕТ О ПОИСКЕ ПО ТЕМЕ № _____ РАЗРАБОТАТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТКАНЫХ ОТХОДОВ В КОМПОЗИЦИИ С ВТОРИЧНЫМИ ПОЛИМЕРАМИ

1 Материалы, отобранные для последующего анализа (по разрабатываемым объектам)

Процессы подготовки и предварительного совмещения отходов тканых материалов и вторичных полимеров и необходимые для этого технические средства

Таблица В.1 – Патентная документация

№ п/п	Страна Вид и номер охранного документа Индекс МПК	Заявитель (патентообладатель) Номер заявки Дата приоритета и публикации	Название изобретения (полезной модели, промышленного образца)
1	Российская Федерация Заявка 2004124841 D04H 13/00	Сэн-Гобэн Ветротекс С. А. 2004124841/12, 2003.01.15 2003.03.10	Волокнистая структура для получения композитов

Краткое содержание технических решений (по разрабатываемым объектам)

EP0694643B1, 1998, D04B 21/16. Текстильный армирующий наполнитель КМ, состоящий из двух и более тканых слоев, между которыми расположен средний слой, причем слои связаны между собой прошивкой или пробивкой, характеризующийся тем, что, по крайней мере, один наружный слой выполнен из вуали, состоящей из синтетических волокон, и связан с другими слоями клеем или прошивкой. В частности, поверхностный слой вуали образован синтетическими волокнами, линейная плотность которых мала по сравнению с линейной плотностью других волокон, входящих в состав слоя.

Таблица В.2 – Научно-техническая, конъюнктурная и нормативная документация и материалы государственной регистрации НИОК(Т)Р

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Наименование источника информации, страницы; дата и № регистрации НИОК(Т)Р	Автор, фирма (держатель) технической документации	Год, место и орган издания (утверждения) источника, дата и № регистрации НИОК(Т)Р
Процессы совмещения отходов тканых материалов и вторичных полимеров	Разработка энергосберегающей технологии получения изделий из полимерной смеси, с. 87. Отчет по теме ГБ20-045, № 2002____	НИЦ проблем ресурсосбережения НАН Беларуси	Гродно, 2002. 20.01.2000, № 2002____

2 Технический уровень и тенденции развития объектов

Технические решения, запатентованные за рубежом, не относятся непосредственно к разрабатываемым объектам. Предлагаемое техническое решение может быть запатентовано в Республике Беларусь.

Выводы о выполнении регламента поиска

1. Регламент патентно-информационного поиска выполнен в запланированном объеме.

2. В связи с возможностью патентования технических решений целесообразно продолжить поиск аналогов по объектам:

– процессы и технические средства ввода совмещенных композиций в экструдер, совмещения и пластикации в экструдере;

– процессы формообразования изделий из совмещенных и пластицированных композиций на основе тканых материалов, извлекаемых их твердых бытовых отходов, и вторичных полимеров.

Руководитель патентного подразделения _____
(подпись, расшифровка подписи, дата)

Руководитель подразделения-исполнителя _____
(подпись, расшифровка подписи, дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ (СОДЕРЖАНИЕ ПО ГОСТ 2.106–96)

Программу и методику (ПМ) выполняют на формах 9 и 9а, необходимые схемы, таблицы и чертежи допускается выполнять на форматах А3 по ГОСТ 2.301–68, при этом основная надпись и дополнительные графы к ней выполняются в соответствии с ГОСТ 2.104–68 (форма 1а).

ПМ может разрабатываться как на изделие в целом, так и на его составные части.

Содержание ПМ обеспечивает объективную оценку качества изделия.

ПМ в общем случае должна состоять из следующих разделов:

– общие положения;

– общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний;

– требования безопасности;

– определяемые показатели (характеристики) и точность их измерений;

– режимы испытаний изделия;

– методы испытаний и (или) измерений;

– отчетность.

В зависимости от особенностей изделия и специфики его испытаний допускается объединять или исключать отдельные разделы, а также включать дополнительные разделы.

В разделе «Общие положения» помещают:

– наименование и обозначение изделия в соответствии с основным конструкторским документом;

– цель испытаний;

– вид (виды) испытаний, которым подвергается изделие;

– условия предъявления изделия на испытания (порядок отбора, количество, комплектность, документальное сопровождение при предъявлении);

– порядок взаимодействия предъявителя изделия с представителем заказчика и другими предприятиями, участвующими в испытаниях.

В разделе «Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний» помещают требования:

– к месту проведения испытаний (цех, лаборатория, полигон и т. п.);

– средствам проведения испытаний (приспособлениям, стендам, измерительной и вычислительной технике и т. п.);

– условиям проведения испытаний (состояние окружающей, искусственно создаваемой или моделируемой среды и т. п.);

– основным и дублирующим видам топлива, масел, охлаждающей жидкости, газов и т. п.;

– подготовке изделия к испытаниям;

– порядку работы на изделии по завершении испытаний;

– персоналу, осуществляющему подготовку к испытанию и испытание.

В разделе «Требования безопасности» помещают:

– требования безопасности при подготовке изделия к испытаниям;

– требования безопасности при проведении испытаний;

– требования безопасности при выполнении работ по завершению испытаний.

В разделе «Определяемые показатели (характеристики) и точность их измерений» помещают:

– перечень определяемых показателей (характеристик) с указанием наименования, обозначения (при наличии), единицы измерения;

– номинальные значения показателей (характеристик) и предельные отклонения от номинальной величины или пределы измерения;

– указания, на каких видах и на каких этапах видов испытаний определяются показатели (характеристики);

– перечень оборудования, материалов и реактивов (стенды, приборы, приспособления, оснастка, инструмент и др.) для определения каждого показателя;

– класс точности измерительного оборудования;

– допускаемую погрешность измерения (расчета) определяемых показателей;

– указания, по какой методике, инструкции или нормативному документу следует определять (измерять) показатель (характеристику);

– правила регулировки (настройки) в процессе подготовки изделия к испытаниям и (или) при испытаниях;

– формулы расчета для определения показателей (характеристик), которые не могут быть определены прямыми измерениями.

В разделе «Режимы испытаний изделия» помещают:

– режимы испытаний изделия;

– ограничения и другие указания, которые необходимо выполнять на всех или на отдельных режимах испытаний;

– условия аннулирования и возобновления испытаний на всех или на отдельных режимах.

В разделе «Методы испытаний и (или) измерений показателей (характеристик)» помещают:

– схемы испытаний (измерений);

– описание метода испытаний (измерений);

– формулы расчета;

– номограммы, диаграммы, графики зависимости отдельных параметров изделия от состояния внешней среды, других параметров, необходимых для определения показателей (характеристик) изделия.

В разделе «Отчетность» помещают:

– перечень документов, в которые фиксируют результаты испытаний, измерений и анализов в процессе испытаний и по их завершению;

– правила оформления таких документов;

– правила хранения и рассылки отчетных документов.

Допускается выполнять ПМ испытаний отдельными частями, например; ПМ – программа испытаний, в которой излагают содержание следующих разделов: общие положения; общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний; отчетность.

ПМ1 – методика испытаний, в которой излагают содержание следующих разделов: определяемые показатели (характеристики) и точность их измерений; режимы испытаний изделия; методы испытаний и (или) измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ОТЧЕТ ОБ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
(ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПО ГОСТ 7.32–2001)

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра механики материалов и конструкций

УДК_____
№ госрегистрации
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ _____
(ученое звание, степень, подпись, Ф.И.О.)
«___»_____20__ г.

ОТЧЕТ
ОБ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

РАЗРАБОТАТЬ КОНСТРУКЦИЮ И ТЕХНОЛОГИЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ ИЗ АРМИРОВАННЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ
(предпроектные исследования)

_____
(шифр, № _____)

Научный руководитель

_____ _____
(ученое звание, степень) (подпись, дата, Ф.И.О.)

Исполнитель
Студент гр. 1–ХТиТ–V

_____
(подпись, дата, Ф.И.О.)

Минск 20____

Реферат

Отчет 28 с., 13 рис., 5 табл., 12 источников.

ТРУБЫ, ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ПОЛИМЕРЫ, АРМИРОВАНИЕ ЛЕНТОЙ, ЭКСТРУЗИЯ, НАМОТКА, ИСПЫТАНИЯ

Объект исследования – конструкция и технология изготовления труб из армированных волокнами термопластичных полимеров и средства технологического оснащения.

Цель исследования – предварительная проработка вопросов, связанных с возможностью и целесообразностью разработки материалов, изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения, предусмотренных темой дипломного проекта.

Показана патентная чистота конструкции трубы, получаемой намоткой однонаправленной ленты на экструдируемую термопластичную оболочку с продольным армированием стеклоровингом, и предложенного способа изготовления трубы в отношении Республики Беларусь и Российской Федерации.

Разработана конструкция трубы диаметром 50 мм, нагруженной внутренним давлением 2,5 МПа, с буртиками на концах для соединения труб между собой, с отводами и тройниками.

Выполнен расчет толщины стенки трубы в случае оптимального армирования в продольном и поперечном направлениях. Испытания макетов подтвердили достаточную прочность соединения.

Рассчитаны параметры технологического процесса экструзии герметизирующей оболочки с силовыми слоями и параметры экструзионной головки.

На основе предварительной оценки затрат на разработку и освоение производства показана экономическая эффективность разработки.

Результаты исследования показывают целесообразность дальнейшей разработки конструкции и технологии труб из армированных термопластов в дипломном проекте.

Содержание

Введение.....
1 Анализ аналогов и области применения пластмассовых труб ....
2 Конструкция труб из армированных термопластов…….
2.1 Описание ……
2.2 Оптимальная схема армирования ……
2.3 Расчет трубы и соединений с буртиками ……..
3 Технология формообразования труб из армированных термопластов ……..……..……...
3.1 Схема и описание технологического процесса ……
3.2 Конструкция экструзионной головки и расчет параметров процесса экструзии ……..…
3.3 Технология изготовления и свойства армированной термопластичной ленты ……
4 Испытания ……
4.1 Описание макетов и технологии их изготовления ……
4.2 Методика и результаты испытаний ……
5 Расчет показателей технико-экономической эффективности …..
5.1 Расчет затрат на разработку изделия и средств технологического оснащения ……..
5.2 Расчет эффективности разработки …….
Заключение ……...
Список использованных источников …….
Приложение А Задание на учебно-исследовательскую работу ….
Приложение Б Программа и методика испытаний макетов. ……..
Приложение В Программа и результаты расчета трубы ……
Приложение Г Протокол испытаний однонаправленной ленты …
Приложение Д Протокол испытаний макетов соединения ……..…

Введение

Возрастающие требования к экономической эффективности, энергоемкости и трудоемкости изделий массового производства, к утилизации материалов и изделий, выработавших ресурс, заставляют постоянно искать новые решения в области КМ и технологии формообразования изделий из них.

…

Сфера промышленного применения изделий различного назначения, получаемых по двухстадийным технологиям, в последние годы расширяется высокими темпами. В то же время многие научные и технологические проблемы, связанные с осуществлением консолидации при изготовлении изделий из армированных термопластов, остаются нерешенными.

Анализ областей успешного применения изделий из армированных термопластов показывает, что большинство изделий в условиях эксплуатации испытывает неоднородное напряженное и деформированное состояние (панели, корпуса, крышки, стержневые конструкции и т. п.). Методы оптимизации структуры материала в изделиях и режимы формообразования, обеспечивающие получение оптимальных структур, исследованы недостаточно.

…

Цель исследований, результаты которых отражены в данном отчете, – разработка методов оптимизации структуры и свойств композиций, режимов формообразования профильных и плоских изделий из высоконаполненных и армированных термопластов.

Заданием предусмотрено решение следующих основных задач:

…..

В данном отчете приведены результаты исследований, выполненных в соответствии с заданием.

1 Аналитический обзор

В связи с постоянно возрастающими экономическими и экологическими требованиями к изделиям массового производства КМ на основе термореактивных полимерных связующих, преобладавших до недавнего времени, все более вытесняются композитами с термопластичной матрицей. Со второй половины 80-х годов наблюдается быстрый рост объемов производства и промышленного использования этого класса КМ [1, с. 10]. С начала тысячелетия производство КМ с термопластичной матрицей увеличивалось в среднем на 8% в год, в то время как производство КМ с термореактивной матрицей – только на 2,5% [2].

Исследования и разработки КМ на основе термопластичных активно ведутся и Республике Беларусь [3–6]. Созданы различные материалы на основе волокон и термопластичных полимеров, показана эффективность их использования в изделиях различного назначения.

…

Анализ литературных источников свидетельствует, что в последние годы значительные усилия исследователей сосредоточены на разработке критериев оптимизации параметров интерактивной консолидации.

…

В результате анализа литературных источников определены следующие направления исследований:

– разработка модели консолидации армированных термопластов, учитывающей температурную зависимость вязкости матричных полимеров, и установление критерия управления процессом консолидации, обеспечивающего высокую прочность соединения и производительность при минимальных энергозатратах;

– разработка методов оптимизации структуры и технологии формообразования профильных изделий из армированных волокнами термопластичных полимеров с неоднородной (гибридной) структурой.

2 Структура и механические свойства

Распределение размеров частиц. Исследовали три типа частиц наполнителей растительного происхождения: льнокостру (ЛК), древесные опилки (ДО) и древесную стружку (ДС). Определяли размеры частиц – длину, ширину и толщину в исходном состоянии, после деформирования (сжатия) навески в пресс-форме и непосредственно в изделии – после пластикации совместно с матричным полимером и формообразования (табл. 1).

Таблица 1 – Параметры распределения длины частиц ЛК

Фракция частиц	Исходные		После уплотнения	
	$\bar{x}$, , мм	V	$\bar{x}$, мм	V
Мелкие	3,3	0,47	3,2	0,47
Из средней части стебля	5,5	0,58	4,9	0,55
Из нижней части стебля	15,6	0,38	10,3	0,61

При уплотнении сильнее измельчаются частицы, имевшие первоначально большую длину, а средние значения и коэффициенты вариации длины более коротких частиц изменяются незначительно.

Полученные из эксперимента распределения угла θ сравнивали с гипотетическим, плотность распределения которого задана в виде [10]:

$$f_\theta(z) = a \cos^k (\pi/2 - z), \qquad (1)$$

где a – параметр, определяемый из условия нормировки (для диапазона возможных значений $-\pi / 2 \le \theta \le \pi / 2$);

k – параметр, связанный с дисперсией угла θ.

Значение параметра k, соответствующее коэффициентам вариации $V_\theta \cong 0{,}73$ для плит толщиной 13 мм, равно 6, при этом $a = 1{,}02$.

…

Зависимость между напряжениями и деформациями сжатия удовлетворительно аппроксимируется кубической параболой вида:

$$\sigma = a\,\varepsilon^3 + b\,\varepsilon^2 + c\,\varepsilon, \qquad (2)$$

где a, b, c – коэффициенты, определяемые по параметрам таблицы1.

Формула (3) может быть использована для расчета напряженного и деформированного состояния частиц в процессе уплотнения.

…

Заключение

1. Установлены особенности структуры и свойств композиционных материалов с термопластичной полимерной матрицей и процессов формирования слоистых структур из таких материалов в изделиях.

2. На основе статистической модели и эксперимента показана связь характеристик структуры и прочности композиций. Показано влияние ориентации и контакта частиц на модули упругости и прочность композиций.

3. Результаты исследования могут быть использованы при разработке композиций термопластичных полимеров с волокнистыми наполнителями растительного происхождения, оптимизации их состава и свойств, изделий из армированных термопластов с гибридной структурой, а также при оптимизации процессов формообразования изделий.

Результаты исследований изложены в опубликованных и представленных к публикации работах [27–32].

Список использованных источников

1. Адамия, Р. Ш. Стеклоармированные термопласты / Р. Ш. Адамия, М. С. Батиашвили. – Тбилиси: Мецниереба, 1989. – 146 с.

2. Carlsson, L. A. Thermoplastic composite materials / L. A. Carlsson // Composite materials series. – Amsterdam: Elsevier, 1991. – Vol. 7. – P. 5–12.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

АВАНПРОЕКТ (ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ)

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра механики материалов и конструкций

ОКП РБ _____

НАИМЕНОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ

Пояснительная записка
БГТУ 41108_____.ПЗ

Аванпроект
(государственный экзамен по специальности
«Конструирование и производство изделий
из композиционных материалов»)

Исполнитель
Студент гр. 1–ХТиТ–V

_____
(подпись, дата, Ф.И.О.)

Минск 20__

Введение

Пояснительная записка содержит результаты разработки конструкции и технологии изготовления изделия «велосипед детский» в соответствии с заданием № ___, выданным _____20___ г. и программой государственного экзамена по специальности 1–360108 – Конструирование и производство изделий из композиционных материалов.

1 Назначение, область применения и цель разработки изделия

Краткая характеристика области и условий применения изделия.

Например, «Велосипед предназначен для детей в возрасте от 2 до 5 лет и применяется в закрытых помещениях или на открытых площадках в теплую сухую погоду».

Характеристика аналогов, производимых в Республике Беларусь и за рубежом. Сведения об экономических показателях изделий-аналогов со ссылками на источники научно-технической и патентной информации, проспекты и т. п.

Цель разработки. Например, «выявление технических решений, обеспечивающих создание конкурентоспособной конструкции, обоснование необходимости и целесообразности разработки изделия».

Предполагаемая потребность в продукции и возможность экспорта.

2 Техническая характеристика и ее обоснование

Основные технические характеристики изделия, указываемые в проекте ТЗ. Обоснования выбора этих характеристик со ссылками на нормативные документы, в которых определена номенклатура и значения технических характеристик изделий данного типа.

Сведения, характеризующие тенденции развития данного вида продукции, об изделиях-аналогах, их объективный анализ с указанием критерия сравнения; тенденции развития конструкции изделий данного типа; результаты сравнения с изделиями-аналогами (со ссылками на источники научно-технической и патентной информации).

Раздел не должен повторять соответствующие разделы ТЗ и раздел 4 «Технические решения, используемые при разработке».

3 Технические решения, используемые при разработке

Краткое описание и обоснование конструкции изделия, его составных частей, с указанием предлагаемых для их изготовления материалов и технологических процессов, необходимого для этого оборудования и оснастки.

Прогрессивные технические решения, относящиеся к материалу, конструкции изделия, технологии его изготовления, в частности, защищенные патентами на изобретения, которые могут быть использованы при разработке. Сведения о результатах проверки конструкции на патентную чистоту и оценки технического уровня предлагаемых вариантов конструкции.

Сравнение различных вариантов исполнения изделия (или его частей) с необходимыми для этого обоснованиями и иллюстрациями, ссылками на чертеж общего вида, на котором изображены варианты исполнения и т. п.

Обоснование материалов, применяемых для изготовления составных частей изделия, технологии изготовления. Сведения об оборудовании, необходимом для изготовления изделия. Описание конструкции формообразующей оснастки и вариантов ее исполнения, особенности применения материалов, в частности, относящиеся к безопасности работ и охране окружающей среды.

Раздел включает:

расчет основных параметров изделия и его вариантов (кроме заданных), определяющих его функциональные характеристики и включаемых в техническое задание, – производительности, скорости, допустимой нагрузки и т. п.;

расчеты на жесткость и прочность отдельных элементов конструкции и соединений;

расчеты основных параметров технологического процесса изготовления изделия или его составных частей;

расчеты параметров технологического оборудования и оснастки, необходимых для изготовления изделия или его составных частей.

Если характеристики материала, используемые при расчете, получены в результате прогнозирования, то приводятся исходные данные для прогнозирования, обосновывается метод прогнозирования, даются ссылки на соответствующие формулы или программы, приводятся результаты прогнозирования, дается их оценка в сравнении с известными экспериментальными данными.

Каждый вид расчета выделяется в отдельный параграф, который имеет соответствующее название, например, «Расчет усилия, действующего на педаль», «Расчет характеристик прочности (упругости, теплофизических свойств и т. п.) материала ….», «Расчет жесткости рамы», «Расчет параметров процесса формования кожуха» и т. п.

Каждый параграф содержит:

задачу расчета (что определяется в результате расчета);

схему, поясняющую применяемую модель (схему нагружения, нагрева, передачи движения и т. п.);

исходные данные о среде, материале, воздействии, конструкции рассчитываемого элемента с указанием источника, из которого они взяты;

предположения, ограничения, упрощения и прочие условия расчета, например: «Рассмотрим педаль как стержень, закрепленный консольно и нагруженный растягивающей силой и изгибающим моментом» или «Найдем продолжительность нагрева материала при формовании кожуха как пластины толщиной h, расположенной между двумя плитами» и т. п.

краткое описание метода расчета, применяемой модели, формулы с указанием источника (справочника, программы и т.п.);

результаты расчета – значения полученных параметров с указанием единиц, их анализ и оценку; выводы о необходимости корректировки параметров изделия, конструкции составных частей, о необходимости проведения уточненных расчетов на дальнейших стадиях разработки, изготовления и испытания макетов (с указанием вида расчета или макета, схемы испытаний и пр.); требования к параметрам процесса изготовления, к оборудованию и оснастке и т. п.

4 Технико-экономическое обоснование

Краткая характеристика рынка сбыта (по секторам) и предварительная оценка возможностей и перспективных объемов реализации, условий конкурентоспособности предлагаемых вариантов исполнения изделия. Оценивается возможный объем реализации изделий и перспективы расширения.

Приводится предварительная оценка цены изделия (обоснование лимитной цены). Данные о стоимости материалов или компонентов, комплектующих и т. п. приводятся с указанием источника информации.

Приближенно оцениваются затраты на разработку и постановку продукции на производство, включая затраты на специальные средства технологического оснащения. По возможности учитываются основные составляющие этих затрат, дается их анализ.

Путем сравнения затрат на разработку и постановку изделия на производство с оценкой ожидаемой чистой прибыли дается вывод об экономической целесообразности дальнейшей разработки конструкции, об условиях, при которых данная разработка и освоение производства изделия могут быть экономически оправданными. Указываются предполагаемые разработчики конструкторской и технологической документации, изготовители изделий и средств технологического оснащения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Проект ТЗ на разработку изделия (см. приложение 3).

2. Проект технологической инструкции (ТИ) на изготовление изделия (разрабатывается в том случае, если изделие может быть получено только в результате выполнения специфических операций).

Проект ТИ изготовления изделия из композиционного материала включает титульный лист и следующие разделы:

– сведения о применяемых материалах (компонентах);

– перечень и краткая характеристика средств технологического оснащения (оборудования, оснастки), требования к оснащению производственного помещения;

– подготовительные операции (назначение, условия проведения);

– операции формообразования (основные приемы, параметры, условия проведения, контроль);

– операции доработки, сборки и испытания, проводимые изготовителем;

– требования техники безопасности.

При необходимости приводятся схемы, рисунки. Обоснования и расчеты приводятся только в ПЗ. Перечни и описания операций, приводимые в данном документе, в ПЗ не включаются.

3. Чертеж общего вида изделия и чертежи отдельных (наиболее характерных) деталей и сборочных единиц из КМ.

4. Чертеж общего вида средств технологического оснащения и при необходимости рабочие чертежи некоторых формообразующих деталей.

5. Ведомость аванпроекта.

ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА

Чертеж вида общего (ВО) определяет конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняет принцип действия изделия.

С учетом этого чертеж ВО содержит:

а) изображение изделия (виды, разрезы, сечения) и его вариантов, а также текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его частей и принципа работы и сравнения вариантов исполнения;

б) наименования, а также обозначения (если они имеются) тех составных частей изделия, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, материал, принцип работы и др.) или запись которых необходима для пояснения чертежа ВО, описания принципа работы изделия, указания о его составе и др.;

в) размеры и другие наносимые на изображения данные (при необходимости);

г) схему, если она требуется, но оформлять ее отдельным документом нецелесообразно;

д) технические характеристики изделия, если это необходимо для удобства сопоставления вариантов.

На чертеже ВО дополнительно приводят: указания о посадках сопрягающихся деталей (наносят размеры и предельные отклонения сопрягаемых поверхностей по ГОСТ 2.307–68); технические требования к изделию, обеспечивающие необходимое его качество (например, о способах изготовления, сборки, дополнительной обработки и т. п., если эти требования не содержатся в других разрабатываемых в составе проекта документах).

Изображения выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными для рабочих чертежей. Составные части изделия, в т. ч. заимствованные (на которые уже имеются чертежи) и покупные, изображают упрощенно (можно в виде только очертаний), если это не препятствует пониманию устройства, принципа работы изделия и взаимодействия его частей.

Наименования и обозначения составных частей изделия на чертежах ВО рекомендуется указывать в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4 в качестве последующих листов чертежа ВО и содержащей графы «Поз.», «Обозначение», «Наименование», «Кол.», «Дополнительные указания». Запись производят в следующем порядке: заимствованные изделия, покупные изделия, вновь разрабатывае-

мые изделия. При небольшом числе составных частей таблица может быть помещена в правой части поля чертежа.

Номера позиций, текст технических требований, надписи и другое выполняют по правилам, установленным ЕСКД для рабочих чертежей.

Если разрабатываемое изделие из КМ входит в состав иного изделия (сборочной единицы), конструкция других частей которого не подлежит разработке, то эти части изображают как «обстановку». Однако при этом с учетом технологии сборки, условий эксплуатации и ремонта изделия в целом прорабатывают и показывают на чертеже ВО конструкцию соединения изделия из КМ с другими частями.

На чертеже ВО указывают габаритные, присоединительные и другие размеры, определяющие конструкцию изделия, взаимное расположение его основных составных частей, условия изготовления и работы. Наиболее детально прорабатывают конструкцию деталей из КМ, сборочных единиц, в которых используются КМ, соединения их с другими составными частями изделия, а также с другими изделиями («обстановку»). Указывают также допуски на наиболее ответственные размеры, определяющие условия сопряжения, изготовления и функционирования составных частей и изделия в целом.

На чертеже ВО могут быть размещены изображения отдельных составных частей изделия, поясняющие их конструкцию, указаны размеры, материалы, способы получения и обработки, положения при изготовлении (сборке), контроле, испытаниях, эксплуатации.

Отдельные изображения составных частей и изображения вариантов исполнения размещают на том же листе, на котором изображено изделие, или на отдельных листах чертежа ВО. При этом изображения деталей из КМ и сборочных единиц не могут заменять и не должны дублировать соответствующие чертежи, разрабатываемые в проекте.

Варианты исполнения изображают только в той части, в которой они отличаются от основного, показанного на чертеже. Конструктивные отличия должны быть видны на изображении, а отличающиеся параметры указаны в таблице «Технические характеристики».

Составные части изделия, показанные на чертеже ВО, нумеруют в соответствии с номерами позиций в таблице (спецификации). Сведения о них указывают в таблице, руководствуясь указаниями п. 2.4.

Технические характеристики, необходимые для сопоставления вариантов, записывают, как правило, в виде таблицы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

РУКОПИСЬ СТАТЬИ (ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ)

УДК 678.073:678.5

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И РЕЖИМОВ … НА ...

А. Л. Н…*, В. В. В…

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь

Исследованы процессы… Проанализировано влияние… Предложен метод… Показана пригодность предложенной модели….

Введение

Краткий анализ состояния проблемы со ссылками на источники информации. Цель исследования.

Методика эксперимента

Для получения композиций с различными наполнителями использовали вторичный ПЭТФ по ТУ РБ 37391 633.001–2000.

Стеклонаполненные композиции получали путем… [8, 9].

Стандартные образцы для определения механических свойств (толщиной 3 мм для испытаний на растяжение, 4 и 10 мм – на изгиб) отливали… Изделия в виде пластин формовали при режимах…

На приборе оценивали… при условиях… Распределение… находили… Параметры вычисляли… по формулам… Погрешность оценивали … Результаты сравнивали …

Результаты эксперимента и их обсуждение

Анализ данных… свидетельствует… Сравнение показывает… Результаты соответствуют… Отклонения обусловлены…

Выводы

Предложенная модель позволяет находить режимы охлаждения изделий, обеспечивающие наиболее высокую прочность материала.

Литература

Обозначения

Подрисуночные тексты

---

* Фамилия автора, с которым следует вести переписку.

ЛИТЕРАТУРА

Учебники, учебные пособия

1. Анищик, В. М. Инновационная деятельность: учеб. пособие / В. М. Анищик, А. В. Русецкий, Н. К. Толочко. – Минск: Изд. центр БГУ, 2006. – 175 с.

2. Бурдун, Г. Д. Основы метрологии: учеб. пособие / Г. Д. Бурдун, Б. Н. Марков. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 336 с.

3. Демчук, М. И. Системная методология инновационной деятельности: учеб. пособие. / М. И. Демчук, А. Т. Юркевич. – Минск: РИВШ, 2007. – 304 с.

4. Инновационный путь развития экономики: учебник / ред. А. Н. Фоломьев. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Изд-во РАГС, 2008. – 712 с.

5. Кудашов, В. И. Интеллектуальная собственность: охрана и реализация прав, управление: учеб. пособие / В. И. Кудашов. – Минск: БНТУ, 2004. – 322 с.

6. Мясникович, М. В. Государственное регулирование инновационной деятельности: учеб. пособие / М. В. Мясникович, Н. Б. Антонова, Л. Н. Нехорошева. – Минск: Академия упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2005. – 235 с.

7. Основы инновационного менеджмента: теория и практика: учеб. пособие / под ред. П. Н. Завлина [и др.]. – М.: Экономика, 2000. – 475 с.

8. Половинкин, А. И. Основы инженерного творчества: учеб. пособие / А. И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

Специальная литература

9. Вегер, Л. Л. Экономический эффект и управление НИОКР / Л. Л. Вегер. – М.: Наука, 1985. – 132 с.

10. Гуринович, А. И. Как оформить документы заявки на изобретение, полезную модель, промышленный образец: практ. пособие: в 2 ч. / А. И. Гуринович. – Минск, 2007. – Ч. 1. – 80 с.; Ч. 2. – 194 с.

11. Добров, Г. М. Наука: информация и управление (информационные проблемы управления наукой) / Г. М. Добров, А. А. Коренной. – М.: Совет. радио, 1977. – 256 с.

12. Завлин, П. Н. Оценка эффективности инноваций / П. Н. Завлин, А. В. Васильев. – СПб.: Бизнес-пресса, 1996. – 216 с.

13. Инновационный менеджмент: справ. пособие / под ред. П. Н. Завлина, А. К. Казанцева, Л. Э. Миндели. – 2-е изд. – М.: ЦИСН, 1998. – 568 с.

14. Интеллектуальное обеспечение инновационной деятельности: технико-экономический и методологический аспекты / О. В. Авдейчик [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2007. – 524 с.

15. Ковтуненко, А. Н. Инновации – основа конверсии и путь выхода из кризиса / А. Н. Ковтуненко. – Минск: Універсітэцкае, 1994. – 191 с.

16. Кокурин, Д. И. Инновационная деятельность / Д. И. Кокурин. – М.: Экзамен, 2001. – 576 с.

17. Макконнелл, С. Сколько стоит программный проект / С. Макконнелл. – М.: Русская Редакция; СПб.: Питер, 2007. – 297 с.

18. Малкин, А. Я. Методы измерения механических свойств полимеров / А. Я. Малкин, А. А. Аскадский, В. В. Коврига. – М.: Химия, 1978. – 336 с.

19. Мясникович, М. В. Научные основы инновационной деятельности / М. В. Мясникович. – Минск: Право и экономика, 2003. – 280 с.

20. Мясникович, М. В. Республика Беларусь на пути к новой экономике / М. В. Мясникович. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 292 с.

21. Наука, инновации и технологии в Республике Беларусь 2007: стат. сб. / подгот. В. Н. Тамашевич [и др.]. – Минск: БелИСА, 2008. – 192 с.

22. Национальная инновационная система Республики Беларусь / Сост. В. И. Семашко [и др.]. – Минск: БелИСА, 2007. – 112 с.

23. Нехорошева, Л. Н. Научно-технологическое развитие и рынок / Л. Н. Нехорошева. – Минск: БГЭУ, 1996. – 212 с.

24. Никитенко, П. Г. Императивы инновационного развития Беларуси: теория, методология, практика / П. Г. Никитенко. – Минск: Право и экономика, 2003. – 515 с.

25. О состоянии и перспективах развития науки в Республике Беларусь по итогам 2006 г.: аналит. докл. / А. Н. Коршунов [и др.]. – Минск: БелИСА, 2007. – 316 с.

26. Инновационная деятельность и мировоззренческие проблемы: науч.-метод. пособие / А. В. Русецкий [и др.]. – Минск: БелИСА, 2008. – 184 с.

27. Смирнов, Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. – 2-е изд. – М.: Наука, 1965. – 512 с.

28. Ставров, В. П. Технологические испытания реактопластов / В. П. Ставров, В. Г. Дедюхин, А. Д. Соколов. – М.: Химия, 1981. – 248 с.

29. Степаненко, Д. М. Инновационная политика Республики Беларусь / Д. М. Степаненко. – Минск: Право и экономика, 2005. – 283 с.

30. Тарнопольский, Ю. М. Методы статических испытаний композитов // Композиционные материалы: справочник / Ю. М. Тарнопольский, Т. Я. Кинцис. – М.: Машиностроение, 1990. – С. 189– 231.

31. Терминология Единой системы конструкторской документации: справочник / С. С. Борушек [и др.]. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 96 с.

32. Шумпетер, Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер; пер с нем.; под ред. А. Г. Милейковского. – М.: Прогресс, 1982. – 458 с.

33. Экономические основы инновационной деятельности / П. Г. Никитенко [и др.]. – Минск: БИП-С, 2004. – 121 с.

34. Эффективность научных исследований и разработок: сокр. пер. с англ. / Г. Фасфелд [и др.]; под ред. Г. Фасфелда, Р. Ланглуа. – М.: Экономика, 1986. – 144 с.

35. Уайт, П. Управление исследованиями и разработками: пер. с англ. / П. Уайт. – М.: Экономика, 1982. – 160 с.

Нормативно-правовые документы

36. Гражданский кодекс Республики Беларусь: с коммент. / коммент. В. Ф. Чигира. – 3-е изд. – Минск: Амалфея, 2000. – 704 с.

37. Об основах государственной научно-технической политики: Закон Респ. Беларусь, 12.11.1997 г., № 83-З. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата доступа: 17.07.2009 .

38. О научной деятельности: Закон Респ. Беларусь, 31.12.1997 г., № 118-З. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата доступа: 17.07.2009 .

39. О техническом нормировании и стандартизации: Закон Респ. Беларусь, 5.01.2004 г., № 262-З. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата доступа: 18.07.2009 .

40. Об обеспечении единства измерений: Закон Респ. Беларусь, 20.03.2006 г., № 163-З [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата доступа: 18.07.2009 .

41. О патентах на изобретения, полезные модели, промышленные образцы: Закон Респ. Беларусь, 16.12.2003 г., № 160-З [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата

тронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата доступа: 19.07.2009 .

42. О научно-технической информации: Закон Респ. Беларусь, 5.05.1999 г., № 250-З [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата доступа: 19.07.2009 .

43. О Национальной академии наук Беларуси: Закон Респ. Беларусь, 5.05.1998 г., № 159-З. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo.by. – Дата доступа: 19.07.2009 .

44. Нормативное правовое обеспечение научно-технической деятельности в Республике Беларусь / А. К. Сутурин [и др.]. – Минск: БелИСА, 2009. – Вып. 4. – 176 с.

45. Оценка объектов интеллектуальной собственности: СТБ 52.5.01–2007. – Введ. 15.05.2007. – Минск: Госстандарт, 2007. – 8 с.

46. Разработка и постановка продукции на производство. Общие положения: СТБ 972–2000. – Введ. 01.04.2001. – Минск: Госстандарт, 2000. – 28 с.

47. Инновационная деятельность. Термины и определения: ГОСТ 31279–2004. – Введен 1.09.2005. – Минск: БелГИСС, 2005. – 20 с.

48. Оценка научно-технического уровня и конкурентоспособности инновационных проектов. Основные положения: СТБ 1078–97. – Введ. 01.04.1998. – Минск: Госстандарт, 1997. – 40 с.

49. Порядок выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию научно-технической продукции: СТБ 1080–97. – Введ. 01.01.1998. – Минск: Госстандарт, 1997. – 45 с.

50. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения: СТБ 1180–97. – Введ. 01.01.1998. – Минск: Госстандарт, 1997. – 45 с.

51. Оценка объектов интеллектуальной собственности. Общие положения: СТБ 1144–99. – Введ. 01.10.2000. – Минск: Госстандарт, 1999. – 15 с.

52. Разработка и постановка продукции на производство. Термины и определения: СТБ 1218–2000. – Введ. 01.07.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 38 с.

53. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения: РМГ 29-99. – Введ. 1.01.2001. – Минск: Госстандарт. – 95 с.

54. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления: ГОСТ 7.32–2001 СИБИД. – Введен 1.01.2003. – Минск: БелГИСС, 2002. – 16 с.

55. Единицы физических величин: сб. норм.-техн. док. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 176 с.

56. Управление качеством продукции: междунар. стандарты ИСО 9000–9004, ИСО 8402. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 120 с.

57. Методические рекомендации по оценке эффективности научных, научно-технических и инновационных разработок: утв. Постановлением НАН Беларуси и Госкомитета по науке и технологиям Респ. Беларусь 3.01.2008 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.pravo by.info/docum09/part07/akt07357.htm. – Дата доступа: 16.07.2009 .

58. Методические рекомендации по оценке стоимости и учету объектов интеллектуальной собственности в составе нематериальных активов: утв. приказом Госпатента, М-ва экономики, М-ва финансов, Госкомитета по науке и технологиям Респ. Беларусь 6.04.1999 г. // Организация научно-технической деятельности в Республике Беларусь / А. К. Сутурин [и др.]. – Минск: БелИСА, 1999. – Вып. 4 – С. 126–143.

59. Инструкция по оценке эффективности использования результатов исследований и разработок в промышленности: утв. Постановлением Госкомитета по науке и технологиям и НАН Беларуси 22.12.2004 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // http://itk1.basnet.by/gntp/instrukcia_ocenka.doc. – Дата доступа: 16.07.2009 .

60. Положение о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь: утв. Указом Президента Республики Беларусь 17.11.2004 г. // Организация научно-технической деятельности в Республике Беларусь / А. К. Сутурин [и др.]. – Минск: БелИСА, 2005. – Вып. 10. – С. 32–56.

61. Положение о порядке конкурсного отбора и реализации инновационных проектов, финансируемых из республиканского бюджета, научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ и работ по организации и освоению производства научно-технической продукции, финансируемых за счет средств инновационных фондов: утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 10.10.2006 г. // Нормативное правовое обеспечение научно-технической деятельности в Республике Беларусь. / А. К. Сутурин [и др.]. – Минск: БелИСА, 2007. – Вып. 2. – С. 18–21.

62. Положение о порядке разработки и выполнения научно-технических программ: утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 31.08.2005 г. // Организация научно-технической деятельности в Республике Беларусь / А. К. Сутурин [и др.]. – Минск: БелИСА, 2005. – Вып. 10. – С. 142–149.

63. Критерии оценки новых и высоких технологий, в том числе приобретаемых за рубежом, и их факторные показатели: утв. Поста-

новлением Совета Министров Республики Беларусь 07.06.2004 г. // Организация научно-технической деятельности в Республике Беларусь / А. К. Сутурин [и др.]. – Минск: БелИСА, 2004. – Вып. 9. – С. 70–73.

64. Единый тарифный (квалификационный) справочник. Вып. 29: Должности служащих, занятых в научно-исследовательских учреждениях, конструкторских, технологических, проектных и изыскательских организациях: утв. Постановлением М-ва труда Респ. Беларусь 28.03.2002 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // www.tnpa.by/KartochkaDoc.php?UrlRN=219099&UrlIDGLOBAL=316546. – Дата доступа: 16.07.2009.

65. Виды экономической деятельности: ОКРБ 005–2006: утв. постановлением Госстандарта Респ. Беларусь. 28.12.2006 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // http://tnpa.by/DownloadFileText.php?UrlRid=39264. – Дата доступа: 16.07.2009.

66. Промышленная и сельскохозяйственная продукция: ОКРБ 007–2007: утв. Постановлением Госстандарта Респ. Беларусь 28.12.2006 г. – Режим доступа: // http://tnpa.by/DownloadFileText.php?UrlRid=42774. – Дата доступа: 16.07.2009.

67. Классификатор свойств веществ и материалов / Э. А. Гейвандов [и др.]. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 132 с.

68. Правила составления, подачи и предварительной экспертизы заявки на выдачу патента на изобретение: утв. Постановлением Комитета по науке и технологиям при Совете Министров Респ. Беларусь 16.06.2003 г. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // http://www.belgospatent.org.by/pravila_podachi_19.doc. – Дата доступа: 16.07.2009 .

69. Правила составления, подачи и рассмотрения заявки на выдачу патента на полезную модель: утв. Постановлением Комитета по науке и технологиям при Совете Министров Респ. Беларусь 16.06.2003 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // http://www.belgospa-tent.org.by/ pravila_sostavlenija_17.doc. – Дата доступа: 16.07.2009 .

70. Финансирование проектов коммерциализации: нормат.-справ. пособие / В. Ф. Белицкий, А. П. Гришанович; под ред. А. А. Успенского. – Минск: Респ. Центр трансфера технологий, 2008. – 174 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ictt.by/Rus/Portals/0/Finansirovanie_proektov_kommercializacii_RCTT_2007.pdf. – Дата доступа: 28.07.2009.

Учебное издание

Ставров Василий Петрович

ОСНОВЫ НАУЧНОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Пособие

Редактор *Р. М. Рябая*
Компьютерная верстка *О. Ю. Шантарович*

Подписано в печать 18.03.2010. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 18,5. Уч.-изд. л. 19,1.
Тираж 900 экз. Заказ .

Отпечатано в Центре издательско-полиграфических
и информационных технологий учреждения образования
«Белорусский государственный технологический университет»
220006. Минск, Свердлова, 13а.
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.

Переплетно-брошюрные процессы
произведены в ОАО «Полиграфкимбинат им. Я. Коласа».
220600. Минск, Красная, 23. Заказ