ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С. А. Рынкевич

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ НАУКИ НА ТРАНСПОРТЕ

Электронная библиотека
Белорусско-Российского университета

Могилев
2009

УДК 621.01: 656.13
ББК 34.5: 39.3
Н 76

Рекомендовано к опубликованию Советом Государственного учреждения высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет» 31 октября 2008 г., протокол № 2

Рецензенты : д-р техн. наук, проф. кафедры «Тракторы» Белорусского национального технического университета Ю. Д. Карпиевич ; д-р техн. наук, проф. кафедры прикладной гидроаэромеханики и механотроники Национального технического университета «Киевский политехнический институт» А. Ф. Луговской ; зам. генерального директора по науч. работе Государственного научного центра Российской Федерации ФГУП «НАМИ», заслуженный машиностроитель Российской Федерации, действительный член Академии проблем качества РФ, канд. техн. наук Б. В. Кисуленко; д-р техн. наук, проф. Полоцкого государственного университета В. А. Данилов; канд. филос. наук, доцент кафедры гуманитарных наук Белорусско-Российского университета Ю.Н Лопацкий

Рынкевич, С. А.

Новые технологии и проблемы науки на транспорте: монография / С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2008. – 420 с. : ил.

ISBN 978–985–492–030–6.

Изложены общие проблемы науки и основные проблемы в автомобиле- и тракторостроении. Рассмотрены философско-методологические вопросы научного познания. Показаны пути решения проблем науки на транспорте на основе современных методов сбора и анализа информации. Даны новые информационные технологии, используемые в сфере производства и эксплуатации мобильных машин, а также при автоматизации подвижных объектов. Приведены новые методы диагностирования механизмов технических объектов.

Для специалистов в области автоматизации транспортных средств, аспирантов, магистрантов и студентов автотракторных и других специальностей, а также инженеров разных специализаций.

УДК 656.13:004.8
ББК 34.5: 39.3

ISBN 978–985–492–030–6

© Рынкевич С. А., 2009
© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2009

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Предисловие

Для обеспечения высокого технического уровня и конкурентоспособности транспортной техники необходимо успешно решить ряд научно-технических проблем. Особенно это актуально при автоматизации технических объектов, особенностью которых является применение сложных электронных элементов и систем.

Нынешнее столетие характеризуется стремительным развитием и распространением новых технологий. Эти технологии охватывают все сферы народного хозяйства: транспорт, промышленность, сельское хозяйство, медицину и т.д.

Сроки проектирования новой техники и ее механизмов сократились с нескольких лет при плановой экономике до нескольких месяцев в рыночных условиях. Настало время по новому осмыслить такие категории и понятия, как «знание», «познание», «научное знание». Например, слово «знание» приобретает многозначные аспекты и теперь является не только философским, но и техническим термином.

Категория «новые технологии» достаточно содержательна, хотя и является в какой-то мере условной. Сюда входят и информационные технологии, и технологии такого научного направления, как «искусственный интеллект», и ряд других. Причем число новых технологий продолжает постоянно увеличиваться. Научно-технический прогресс ставит перед наукой все новые и новые проблемы, требующие безотлагательного решения. Пришла эра современных методов, электронных технических средств и компьютерной техники. Современные инженеры и научные работники должны неуклонно повышать свои квалификационные навыки, чтобы идти в ногу со временем.

Информационные технологии – средства обработки информации и организационно-управленческие концепции ее формирования и применения, а также совокупность всех видов информационной техники; единство процедур сбора, накопления, сохранения, обработки и передачи данных с применением избранного комплекса технических средств.

Технологии искусственного интеллекта основаны на методах и алгоритмах, реализация которых проявляет у объекта поведение или признаки, подобные логике человеческого мышления.

Проблемы науки и техники связаны с общими проблемами, обусловленными деятельностью человека как субъекта, изменяющего мир в соответствии со своими целями и активно использующего для этого научные достижения. Эти проблемы во многом носят общефилософский характер.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Отчасти они порождены глобальным кризисом и последствиями техногенной цивилизации. Нельзя сбрасывать со счетов и проблемы этического, морального и психологического характера.

Важной технической проблемой является обеспечение высокой эффективности эксплуатации машин, решение которой напрямую зависит от степени и качества использования современных методов и средств автоматизации, как в области управления, так и в области диагностирования. Это обусловливает необходимость выхода на качественно новый уровень процессов автоматизации управления и диагностирования механизмов подвижных объектов.

Настоящая монография, хотя и не претендует на роль учебного пособия, в определенной мере явилась результатом обобщения материалов лекций, читаемых автором для магистрантов Белорусско-Российского университета. Автор надеется, что книга поможет будущим инженерам выйти на университетский уровень образования, а у молодых ученых сформирует методологические и творческие основы научных исследований.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает огромную признательность своему научному консультанту – доктору технических наук, профессору **Тарасику Владимиру Петровичу**, благодаря которому автор состоялся как ученый, а бесценный опыт, знания, талант и большая квалификация Тарасика В.П. использовались при написании книги. Отдельные части монографии явились результатом совместной многолетней работы на кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета; некоторые мысли, вошедшие в книгу, стали плодами творческого наследия и научной школы профессора Тарасика В.П.

Автор выражает благодарность рецензентам: доктору технических наук, профессору кафедры «Тракторы» Белорусского национального технического университета Карпиевичу Ю.Д.; заместителю Генерального директора по научной работе Государственного научного центра Российской Федерации ФГУП «НАМИ», заслуженному машиностроителю РФ, действительному члену Академии проблем качества РФ Кисуленко Б.В.; доктору технических наук, профессору кафедры прикладной гидроаэромеханики и механотроники Национального технического университета «Киевский политехнический институт» Луговскому А.Ф.; профессору кафедры «Автомобили» Белорусского национального технического университета Молибошко Л.А.; доктору технических наук, профессору Полоцкого государственного университета Данилову В.А.; кандидату философских наук, доценту кафедры гуманитарных наук Белорусско-Российского университета Лопацкому Ю.Н.

Особую благодарность автор выражает Совету Белорусско-Российского университета и лично ректору университета – доктору технических наук, профессору **Сазонову Игорю Сергеевичу** за единодушное решение издать данную монографию на полиграфической базе вуза.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Используемые сокращения

АБС – антиблокировочная система
АСУ – автоматизированная система управления
АТС – автотранспортное средство
БЗ – база знаний
ГА – генетические алгоритмы
ГДТ – гидродинамический трансформатор
ГМП – гидромеханическая передача
ИИ – искусственный интеллект
ИМ – исполнительный механизм
ИНС – искусственные нейронные сети
ИС – интеллектуальная система
ИСД – интеллектуальная система диагностирования
ИУ – исполнительное устройство
МК – микроконтроллер
НК – нечеткий контроллер
ОУ – объект управления
ПО – программное обеспечение
САУ – система автоматического управления
ТАУ – теория автоматического управления
ТИИ – теория искусственного интеллекта
ТНМ – теория нечетких множеств
ЭС – экспертная система

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Я ищу истину и ей всегда буду рад,
когда бы и откуда она не пришла (Локк, XVII в.)

Введение

Характерными особенностями развития науки на транспорте являются ее динамичность, активное внедрение информационных технологий, передовых методов и средств передачи и обработки информации, насыщенность микроэлектроникой. Эти новые технологии с каждым днем непрерывно видоизменяются и совершенствуются.

Транспортные средства становятся все более мобильными, они активно оснащаются электроникой. Увеличивается количество автоматизированных функций и рабочих операций, что значительно повышает качество выполнения транспортных работ, увеличивая производительность. Машины оснащаются бортовыми компьютерами, средствами автонавигации и телекоммуникации, что обеспечивает широкий спектр сервисных возможностей, увеличивают комфорт и повышают безопасность.

Важная особенность и задача современной науки – активно способствовать обеспечению конкурентоспособности и повышению технического уровня транспортных средств.

Настоящая монография затрагивает наиболее важные современные проблемы в области создания и эксплуатации транспорта. И эти проблемы требуют незамедлительного решения. Автором сделана попытка дать пути решения основных проблем науки на транспорте. Эти пути базируются на использовании новейших методов сбора, передачи и анализа информации, а также технологий искусственного интеллекта.

Монография имеет следующую структуру.

В первой главе рассмотрены тенденции развития науки на транспорте. Показана роль научно-технического прогресса в современном техногенном мире.

Вторая глава посвящена анализу технического научного знания и познания. Отмечена динамика научного познания и особенности построения научных теорий в современной науке. Описаны вопросы соотношения между наукой и техникой. Рассмотрены инженерная наука в целом и отдельно новое важное и актуальное современное прикладное направление инженерии – инженерная деятельность в сфере информационных технологий.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

В третьей главе приводятся общефилософские уровни исследования и методы научного познания. Даны основы технологии моделирования и проектирования технических объектов. Рассмотрены категории научного знания и познания, научные методы и новые методологии. Разработана методология научно-технического творчества. Приведена технология автоматизированного проектирования механизмов автомобильной техники ее механизмов.

В четвертой главе обозначены проблемы науки на транспорте, которые требуют ближайшего разрешения. Даны общие проблемы науки и основные проблемы науки в транспортном автомобилестроении. Рассмотрены вопросы автоматизации транспортных средств, приведен анализ методов и существующих подходов в автоматизации.

В пятой главе рассмотрены новые информационные технологии, которые применяются как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации машин и механизмов.

В шестой главе приводятся пути решения проблем науки на транспорте. Широко рассмотрены инструментальные средства и математический аппарат, соответствующий современным методам обработки всевозможной информации. Подробно описаны нечеткая логика и такие интеллектуальные технологии, как искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы. Приведены результаты исследований в области автоматизации автотранспортных средств на основе синтеза интеллектуальных систем управления и диагностирования. Рассмотрены современные тенденции в автоматизации и пути совершенствования автомобильной микроэлектроники.

Седьмая глава посвящена новым технологиям в управлении и диагностировании применительно к мобильным машинам. Приводятся новые, в том числе и авторские, методы диагностирования гидромеханических передач. Представлены устройства сбора информации, бортовые компьютеры, аппаратные и программные средства, интеллектуальные каналы передачи информации, мультиплексные системы, CAN-протоколы для автомобильной электроники. Рассмотрены системы повышения безопасности, диагностические и информационные контрольно-диагностические системы, системы отображения информации, информационные панели оператора, дисплеи и средства визуализации информации, автомобильные навигационные системы.

Именно такая структура – *в симбиозе философско-методологических вопросов научного познания, основных проблем науки на транспорте и возможных путей их решения* – делают книгу полезной для читателя.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Знание бывает двух видов.
Мы сами знаем предмет – или же знаем,
где найти о нем сведения (Джонсон, XVIII в.)

1 Тенденции развития науки на транспорте

В современном мире наука играет особую роль, являясь одной из высших ценностей цивилизации и культуры.

Технологический прогресс, приводящий к новому качеству жизни, основан на интенсивном применении научных достижений. Наука активизирует сферу производства и оказывает влияние на многие другие области человеческой деятельности, регулируя и перестраивая их средства и методы.

Наука на транспорте в современную эпоху неуклонно движется вперед в соответствии с научно-техническим прогрессом и зависит от уровня развития производительных сил общества, которые достигли определенных высот. Родившись, образно говоря, «в каменном веке автомобилестроения», наука теперь определяется самыми передовыми достижениями в соответствующей области.

Эти передовые достижения, которые тесно связаны с объектами автомобильного транспорта, оказывают сильное влияние на современную науку, в конечном итоге определяя особенности и тенденции ее развития.

1.1 Специфика развития науки на транспорте

Характерные особенности развития науки на транспорте: динамичность, активное внедрение информационных технологий, передовых методов и средств передачи и обработки информации, насыщенность микроэлектроникой. Эти новые технологии с каждым днем непрерывно видоизменяются и совершенствуются.

Транспортные средства становятся все более мобильными и электронизированными. Увеличивается количество автоматизированных функций и рабочих операций, что значительно повышает качество выполнения транспортных работ, увеличивая производительность. Машины оснащаются бортовой микроэлектроникой, средствами автонавигации и телекоммуникации, что обеспечивает широкий спектр сервисных возможностей, увеличивают комфорт и повышают безопасность.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Важная особенность и задача современной науки – активно способствовать обеспечению конкурентоспособности и повышению технического уровня транспортной техники.

1.2 Наука в современном техногенном мире. Роль научно-технического прогресса в развитии науки

Научно-техническая революция, начавшаяся еще во второй половине XX века, привела не только к качественным изменениям технического базиса, но и к глубоким переменам во всех сферах человеческой жизни. Особенностями современного общества являются: изменение структуры производства, превращение информационных технологий в основной фактор промышленного прогресса, увеличение темпов технологического производства. Отдельно следует отметить резкое повышение творческого начала в процессе труда, т.к. технологический уровень находится в прямой зависимости от науки, образования и культуры. Некоторые авторы, говоря о характеристиках современной цивилизации, вводят понятие «постиндустриальное общество» [77].

Многие исследователи, и не без оснований, выдвигают проблему техносферы, которая превращается в глобальное образование, усиливающее свое интеллектуальное, психическое, жизнеобеспечивающее влияние на человечество. Человек, формируясь в искусственно созданном техногенном мире, воспринимает его тенденции и действует по его техногенным законам.

С одной стороны, техническая деятельность имеет креативный (творческий, созидательный) потенциал, не только производя необходимые для удовлетворения потребностей материальные ценности, но и принося избыточные результаты. В этой связи технологии рассматривают как процессуальный феномен, охватывающий все типы технических изменений. Эти изменения предполагают постоянную качественную трансформацию технических объектов. При этом различают технологическое изменение, заключающееся в повышении сложности технической системы, усложнении и дифференцировании ее связей с внешней средой; и нетехнологическое изменение, предполагающее снижение организации и упрощение структуры объекта вследствие использования его ресурса, утилизации и т. д.

Проблемы науки и техники связаны с общими проблемами, обусловленными человеческой деятельностью, т. е. с деятельностью субъекта, изменяющего мир в соответствии со своими целями и задачами и непосред-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

ственно использующего для этого научное знание и его достижения.

Многие проблемы порождены глобальным кризисом и последствиями техногенной цивилизации. Ряд аспектов этих проблем носит общефилософский характер. Нельзя сбрасывать со счетов и проблемы этического, морального и психологического характера.

Важной проблемой является потребность в новых источниках и способах получения энергии, а также ресурсосбережение и рекуперация энергии.

Одним из важнейших направлений современной науки является решение экологической проблемы и связанной с ней проблемы утилизации отходов производства и жизнедеятельности субъектов как следствие негативных результатов техногенной цивилизации.

Сущность экологической проблемы – в неконтролируемом росте техногенной среды и ее отрицательном влиянии на биосферу, приводящем к истощению природных ресурсов, исчерпанию возможностей среды обитания по поглощению отходов антропогенной деятельности; подмене естественных процессов саморегуляции живой природы антропогенным воздействием и др.

Проблемой является, как ни парадоксально, преодоление негативных последствий научно-технического прогресса. Такие негативные явления, как возникающий кризис современной социоприродной системы, ухудшение экологической обстановки, деградация биосферы, – создают катастрофическую угрозу для самого человека как непосредственного создателя научно-технических объектов.

При этом научно-технический прогресс дает методы анализа все более сложных систем и ведет к приращению знания, распространению информации, росту образованности субъектов. Однако, в связи с далеко не всегда обоснованной деятельностью человека возникают негативные предпосылки и тенденции.

Вот важнейшие объективные тенденции современной эпохи, которые оказывают влияние и на науку:

1) возрастание роли как материальных технологий в процессе технического развития, так и субъектов, участвующих в модернизации техногенной среды;

2) технологизация человека и общества, т. е. угасание биосферных характеристик человека и рост влияния инструментальной рациональности;

3) кризисное состояние биосферы, т. е. нарастающая трансформация природной среды с угрожающими негативными изменениями в будущем.

Порождающими проблемы тенденциями также являются:

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

1) несоответствие экономических уровней традиционного и постиндустриального обществ;

2) возможные негативные последствия для субъектов со стороны развивающихся информационных технологий;

3) формирование «жесткой» техногенной среды обитания.

Особенность современного общества – оно становится сверхсложной социотехнической системой, которую некоторые ученые называют человеко-машинной. Человек из субъекта активности превращается в элемент некой мегамашины, включенный в совокупность отношений и вынужденный выполнять строго предписываемые ему действия.

Сущность техногенной среды противоречива: с одной стороны, эта среда расширяет экологическую нишу и поддерживает существование субъектов, создавая комфортные условия и искусственную среду для человека и удовлетворяя его потребности, с другой – техногенное воздействие оказывает весьма негативное влияние на биосферную жизнь вообще и на физическое и психологическое существование человека в частности.

Подытожим отмеченное выше. Необходимо, чтобы наука вообще и наука на транспорте как отдельное направление развивались гармонично и одновременно представляли как передовые технологии, так и гуманные интересы человека; служили миру и созиданию, обходя негативные проявления научно-технического прогресса.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Знание само по себе сила (Ф. Бэкон, XVI в.)

Знание – это своеобразная социальная и индивидуальная память, способ сохранения и использования наследуемого и вновь создаваемого объема информации.

2 Наука и научное знание. Особенности технического научного знания

Основной формой познавательной деятельности, главным ее «носителем» является наука, *научное знание*.

Научное знание – система знаний о законах природы, общества, мышления. Оно составляет основу научной картины мира и отражает законы его развития. Научное знание является результатом постижения действительности и когнитивной основой человеческой деятельности; оно социально обусловлено и обладает различной степенью достоверности.

Наука – это форма духовной деятельности людей, направленная на производство знаний о природе, обществе и о самом познании, имеющая непосредственной целью постижение истины и открытие объективных законов. Наука представляет собой творческую деятельность по получению нового знания. Результатом этой деятельности является совокупность знаний, приведенных в целостную систему на основе определенных принципов. Причем сумма разрозненных, хаотических сведений еще не является научным знанием.

Наука выполняет определенные функции как своеобразная форма общественного сознания. *Научное познание*, как и все формы духовного производства, необходимо для того, чтобы регулировать человеческую деятельность. Различные виды познания по-разному выполняют эту роль, и анализ этого различия является необходимым условием для выявления особенностей научного познания. Перечислим закономерности развития науки. Это преемственность (сохранение положительного содержания старых знаний в новых); чередование относительно спокойных периодов развития и периодов «крутой ломки» фундаментальных законов и принципов (научные революции); сложное сочетание процессов дифференциации (выделение новых научных дисциплин) и интеграции (синтез знания, объединение достижений нескольких наук и их методов); углубление и расширение процессов математизации, информатизации и компьютеризации; теоретизация и диалектизация современной науки; взаимодействие научных методов; ускоренное развитие науки; свобода

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

критики; недопустимость монополизации и догматизма науки, ее все более активная роль во всех сферах народного хозяйства, усиление ее социального значения и т. д.

2.1 Специфика научного познания. Роль науки в познании

2.1.1 Особенности научного познания. Перечислим особенности научного познания, которые в [104] называют критериями научности.

1. Главная задача научного познания – обнаружение объективных законов действительности, закономерностей самого познания, мышления. Отсюда – ориентация исследования главным образом на общие, существенные свойства предмета, его необходимые характеристики и их выражение в системе абстракций, в форме идеализированных объектов, т.к. понятие научности предполагает открытие закономерностей, углубление в сущность изучаемых физических явлений.

2. Непосредственная цель и высшая ценность научного познания – объективная истина, постигаемая преимущественно рациональными средствами и методами, причем не без участия живого созерцания и внерациональных средств. Научному познанию свойственны объективность, устранение не присущих предмету исследования субъективистских моментов. Причем активность субъекта – важнейшее условие и предпосылка научного познания. Последнее неосуществимо без конструктивно-критического и самокритического отношения к действительности, исключающего косность, догматизм, апологетику, субъективизм, монополизм на истину.

3. Наука как форма познания ориентирована на то, чтобы быть воплощенной в практике, руководством к действию по управлению реальными процессами. Жизненный смысл научного изыскания может быть выражен формулой: «Знать, чтобы предвидеть, предвидеть, чтобы практически действовать».

4. Научное познание есть сложный противоречивый процесс воспроизводства знаний, образующих целостную развивающуюся систему понятий, теорий, гипотез и других идеальных форм, закрепленных в соответствующих языках (математическая символика и формулы). Научное знание, обобщая систему фактов в системе понятий, углубляется и развивается до таких наиболее зрелых своих форм, как теория и закон. Непрерывное самообновление наукой своего концептуального арсенала считается важным показателем научности.

5. В процессе научного познания применяются специфические материальные средства, приборы, оборудование. Для научного

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

исследования характерно использование средств формальной логики, диалектики, системного, кибернетического, синергического и других общенаучных приемов и методов.

6. Научному познанию присуща строгая доказательность, обоснованность полученных результатов, достоверность выводов. Вместе с тем допустимы гипотезы, догадки, предположения, вероятностные суждения и т.п. Причем важнейшее значение имеет логико-методологическая подготовка исследователей, их философская культура, постоянное совершенствование своего мышления, умение правильно применять его законы и принципы.

7. Для науки характерна постоянная методологическая рефлексия, т. е. изучение объектов, выявление их специфики, свойств и связей всегда в той или иной мере сопровождается осознанием самих исследовательских процедур, т.е. изучение используемых при этом методов, средств и приемов, при помощи которых познаются данные объекты.

В современной методологии науки выделяют различные уровни критериев научности, относя также к ним внутреннюю системность знания, его формальную непротиворечивость, опытную проверяемость, воспроизводимость, открытость для критики, свободу от предвзятости, строгость и т. д.

2.1.2 Структура научного познания. Научное познание (и знание как его результат) есть целостная развивающаяся система с единством устойчивых взаимосвязей между элементами. Аспекты структуры научного познания: объект (предметная область познания); субъект познания; средства, методы познания – его орудия (материальные и духовные) и условия осуществления. Сюда относят также фактический материал, результаты первоначального его обобщения в понятиях, основанные на фактах научные предположения (гипотезы), выводимые из последних принципы и теории и т.д.

Научное познание есть процесс, т.е. развивающаяся система знания, основным элементом которой является теория – высшая форма организации знания. Научное познание включает в себя два основных уровня: эмпирический и теоретический. Они взаимосвязаны, но различаются друг от друга своей спецификой.

Любое научное исследование начинается со сбора, систематизации и обобщения *фактов*. Понятие «факт» (от лат. facturum – сделанное, свершившееся) имеет следующие характеристики.

1. Некоторый фрагмент действительности, объективные события, результаты, относящиеся либо к объективной реальности, либо к сфере сознания и познания.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

2. Знание о каком-либо событии, явлении, достоверность которого доказана, выступая синонимом истины.

3. Предложение, фиксирующее эмпирическое знание, т. е. полученное в ходе наблюдений и экспериментов.

Второе и третье из названных значений резюмируется в понятии «научный факт». Последний становится таковым тогда, когда является элементом логической структуры конкретной системы научного знания.

Сбор фактов, их первичное обобщение, «протоколирование» данных (наблюдаемых, экспериментальных), их систематизация, классификация и иная фактофиксирующая деятельность – важные признаки эмпирического познания. Эмпирическое исследование направлено непосредственно на свой объект (рисунок 2.1). Оно осваивает его с помощью таких приемов и средств, как сравнение, наблюдение, измерение, эксперимент, т. е. когда объект воспроизводится в искусственно созданных и контролируемых условиях, анализ (разделение объекта на составные части), индукция (движение познания от частного к общему) и др.

Рисунок 2.1 – Эмпирическое исследование объектов в заводских условиях (верхние рисунки – экспериментальные цеха БелАЗ, нижние – МТЗ по исследованию гидромеханических трансмиссий и передач колесных и гусеничных машин)

Электронная библиотека университета

Теоретический уровень научного познания характеризуется преобладанием рациональных форм (понятий, теорий, законов). Живое созерцание, чувственное познание здесь не устраняется, а становится подчиненным (и важным) аспектом познавательного процесса. Теоретическое познание отражает явления и процессы со стороны их внутренних связей и закономерностей, постигаемых с помощью рациональной обработки данных эмпирического знания.

На основе эмпирических данных происходит обобщение исследуемых объектов, постижение их сущности, принципов их существования, составляющих основное содержание теорий, квинтэссенцию знания на данном уровне. Важнейшая задача теоретического знания – достижение объективной истины во всей ее полноте содержания. Широко при этом используются такие познавательные приемы, как абстрагирование – отвлечение от ряда свойств и отношений предметов, идеализация – процесс создания чисто мысленных предметов («точка», «идеальный газ» и т. п.), синтез – объединение полученных в результате анализа элементов в систему, дедукция – движение познания от общего к частному, восхождение от абстрактного к конкретному и др.

Теоретическое познание характеризуется внутринаучной рефлексией, т. е. исследованием самого процесса познания, его форм, приемов, методов, понятийного и онтологического аппарата и т. д. На основе теоретического объяснения и познанных законов осуществляются предсказание, прогнозирование и научное предвидение.

Эмпирический и теоретический уровни познания взаимосвязаны.

Наука как целостная динамичная система знания успешно развивается при обогащении новыми эмпирическими данными, обобщении их в системе теоретических средств, форм и методов познания. На определенных этапах развития науки эмпирическое может переходить в теоретическое и наоборот.

Проблема – гипотеза – теория. Структурные компоненты познания – это проблема, гипотеза и теория, выступающие вместе с тем как узловые моменты накопления знания на его теоретическом уровне.

Проблема – форма знания, содержанием которой является то, что еще не познано человеком, но что нужно познать. Иначе говоря, это знание о незнании, вопрос, возникший в ходе познания и требующий ответа. Проблема есть процесс, включающий два основных момента, этапа движения познания – ее постановку и решение. Правильное выведение проблемного знания из предшествующих фактов и обобщений, умение верно поставить проблему – необходимая предпосылка ее успешного решения.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Наука ведет свое начало не с наблюдений, а именно с проблем, и ее развитие есть переход от одних проблем к другим, от менее существенных к более глубоким. Проблемы возникают либо как следствие противоречия в отдельной теории, либо при столкновении двух различных теорий, либо в результате столкновения теории с наблюдениями [104].

Тем самым научная проблема выражается в наличии противоречивой ситуации (при возникновении противоположных позиций), которая требует соответствующего разрешения. Определяющее влияние на способ постановки и решения проблемы имеет, во-первых, характер мышления того периода времени, в который формулируется проблема, и, во-вторых, уровень знания о тех объектах, которых касается возникшая проблема.

Научные проблемы следует отличать от ненаучных (псевдопроблем). К примеру, в свое время появилась на свет «проблема» создания вечного двигателя. Решение какой-либо конкретной проблемы есть существенный момент развития знания, в ходе которого возникают новые проблемы, выдвигаются те или иные концептуальные идеи, в том числе и гипотезы.

Гипотеза – форма знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда фактов, истинное значение которого неопределенно и нуждается в доказательстве. По отношению гипотез к опыту выделяют три их типа: гипотезы, возникающие непосредственно для объяснения опыта; гипотезы, в формулировании которых опыт играет определенную, но не исключительную роль; гипотезы, которые возникают на основе обобщения только предшествующих концептуальных построений.

В современной методологии науки термин «гипотеза» употребляется в двух основных значениях: форма знания, характеризующаяся проблематичностью и недостоверностью; метод развития научного знания. Гипотетическое знание носит вероятный, а не достоверный характер и требует проверки, обоснования. В ходе доказательства выдвинутых гипотез одни из них становятся истинной теорией, другие видоизменяются, уточняются и конкретизируются, третьи отбрасываются, если проверка дает отрицательный результат. Выдвижение новой гипотезы, как правило, опирается на результаты проверки старой даже в том случае, если эти результаты были отрицательными. Так, например, выдвинутая М. Планком квантовая гипотеза после проверки стала научной теорией, а гипотезы о существовании теплорода, флогистона и т. п., не найдя подтверждения, были опровергнуты, перешли в заблуждения. Стадию гипотезы прошел и открытый Д. И. Менделеевым периодический закон. Решающей проверкой истинности гипотезы является, в конечном итоге, практика во всех своих формах; но определенную роль в доказательстве или опровержении гипотетического

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

знания играет и логический (теоретический) критерий истины. Проверенная и доказанная гипотеза переходит в разряд достоверных истин, становится научной теорией.

Теория – наиболее развитая форма научного знания, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей определенной области действительности. Примерами этой формы знания являются классическая механика И. Ньютона, теория самоорганизующихся целостных систем (синергетика) и др.

Любая теория – это целостная развивающаяся система истинного знания (включающая и элементы заблуждения), которая имеет сложную структуру и выполняет ряд функций. В методологии науки выделяют следующие основные элементы теории:

1. Исходные основания – фундаментальные понятия, принципы, законы, уравнения, аксиомы и т. п.

2. Идеализированный объект – абстрактная модель существенных свойств и связей изучаемых предметов (например, «абсолютно черное тело», «идеальный газ», «абсолютно твердое тело», «материальная точка» и т. п.).

3. Логика теории – формальная, нацеленная на прояснение структуры готового знания, описание его формальных связей и элементов; и диалектика, направленная на исследование взаимосвязи и развития категорий, законов, принципов и других форм теоретического знания.

4. Совокупность законов и утверждений, выведенных из основоположений данной теории в соответствии с определенными принципами.

5. Философские и идеологические установки.

Ключевой элемент теории – закон, поэтому ее можно рассматривать как систему законов, выражающих сущность изучаемого объекта во всей его целостности и конкретности.

Один из основных внутренних источников развития теории – противоречие между ее формальным и содержательным аспектами. Через последний теория наполняется определенными философскими положениями исследователя, его методологическими принципами и мировоззренческими ориентирами. Эти факторы сильно влияют на процесс формирования теоретического знания и на развитие науки в целом.

К числу основных функций теории относятся следующие.

1. Синтетическая функция. Любая теория объединяет, синтезирует отдельные достоверные знания в единую, целостную систему.

2. Объяснительная функция. На основе познанных объективных законов теория объясняет явления своей предметной области. Она

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

выявляет причинные и иные зависимости, многообразие связей данного явления, его существенные характеристики и свойства, его происхождение и развитие, систему его противоречий и т. п.

3. Методологическая функция. Теория является средством достижения нового знания во всех его формах. На ее основе формулируются многообразные методы, способы и приемы исследовательской деятельности. Например, общая теория систем служит основой системно-структурного и структурно-функционального методов.

4. Предсказательная – функция предвидения. На основании теоретических представлений о состоянии известных явлений делаются выводы о существовании неизвестных ранее фактов, объектов или их свойств, связей между явлениями и т. д. Примером служит предсказание Д. И. Менделеевым на основе периодического закона новых химических элементов и их свойств. Предсказание состояния явлений в будущем (в отличие от тех, которые существуют, но пока не выявлены) называют научным предвидением. Прогнозирование – узкоспециализированная форма предвидения, нацеленная на выявление конкретных перспектив развития определенного явления или процесса с указанием количественных характеристик (сроки, темпы и т. п.). Например, прогнозирование работоспособности и ресурса машины и т.д.

5. Практическая функция. Предназначение любой теории – быть воплощенной в практику, являясь руководством к действию по изменению реальной действительности. Весьма справедливо утверждение о том, что нет ничего практичнее, чем хорошая теория.

Любая теория, независимо от своего типа, имеет следующие основные особенности.

1. Теория – это не отдельно взятые научные положения, а их совокупность, целостная органическая развивающаяся система. Объединение знания в теорию производится прежде всего самим предметом исследования, его закономерностями.

2. Не всякая совокупность положений об изучаемом предмете является теорией. Для превращения в теорию знание должно достигнуть в своем развитии определенной степени зрелости. А именно: когда оно не просто описывает определенную совокупность фактов, но и объясняет их, вскрывает причины, противоречия и закономерности явлений.

3. Для теории обязательным является обоснование, доказательство входящих в нее положений: если нет обоснований, нет и теории.

4. Теоретическое знание должно стремиться к объяснению как можно более широкого круга явлений, непрерывному углублению знаний о них.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

5. Характер теории зависит от степени обоснованности ее определяющего начала, отражающего фундаментальную закономерность данного предмета.

6. Важную роль при выборе теорий играет степень их проверяемости: чем она выше, тем больше шансов выбрать хорошую и надежную теорию. Предпочтительной считается теория, которая сообщает наибольшее количество информации и имеет более глубокое содержание; является логически более строгой; обладает большей объяснительной и предсказательной силой; может быть более строго проверена посредством сравнения предсказанных фактов с наблюдениями.

2.1.3 Взаимодействие научной теории и практики. Теоретическое знание призвано достоверно и адекватно воспроизводить определенную сторону практики в выбранной предметной области. Такое отражение является творческим, выражающим объективные закономерности. Научная теория должна соответствовать реальным фактам в их взаимосвязи.

Теория должна не просто отражать существующую объективную реальность, но и обнаруживать ее тенденции, главные направления развития. Теория не может быть чем-то неизменным, раз навсегда данным, а должна постоянно углубляться и совершенствоваться, выражать в своем содержании развитие практики. Наиболее практичной является теория в ее самом зрелом состоянии. Поэтому необходимо всегда держать ее на самом высоком научном уровне, глубоко и всесторонне разрабатывать ее, обобщая новейшие процессы и явления практики. Только полная и высоконаучная основательная теория может быть руководством для соответствующей формы практической деятельности. На достаточно зрелой ступени своего развития наука становится теоретической основой практической деятельности, которая, в свою очередь, должна достичь определенного достаточно высокого уровня, чтобы стало возможным систематическое (и экономически оправданное) практическое применение науки.

Существенный признак развитой теории – целенаправленный систематический анализ составляющих ее методов и форм мышления с точки зрения их формы (структуры) и содержания, его углубление, развитие и т. п.

Теория становится материальной силой лишь тогда, когда для реализации идей находятся люди, которые должны употребить практическую силу, и энергия которых воплощает теорию в реальную действительность, опредмечивает те или иные научные идеи, реализует их в определенных материальных формах [104]. В процессе практической деятельности человека, овладевшего теорией как программой деятельности, создаются материальные объекты; при этом человек как

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

субъективное звено в научном познании одновременно обогащает свои теоретические знания, проверяет и удостоверяет их истинность.

Практическая реализация знания требует наличия также необходимых средств воплощения теории в практику. Это – формы организации общественных сил, те или иные социальные институты, предприятия, заводы, необходимые технические средства и т. д. Сюда же относятся формы и методы познания и практического действия, способы и средства решения назревших теоретических и практических проблем и т. п. Материализация теории в практике должна быть процессом, в ходе которого вместо уже реализованных теоретических положений появляются новые, более содержательные и развитые, которые ставят перед практикой более сложные задачи, требуют новых форм и условий своей реализации.

2.2 Динамика научного познания. Особенности построения научных теорий в современной науке

Важнейшей характеристикой познания является его динамика: рост, изменение, развитие этого явления. Научное исследование представляет собой диалектический процесс, что означает непрерывное изменение структуры научного знания и процедур его формирования. В ходе эволюции науки возникают все новые связи и отношения между ее элементами, которые меняют стратегию научного поиска.

Выделяют несколько основных ситуаций, характеризующих процесс развития научного знания. Одна из них – это становление новой области научного знания, научной дисциплины. Другая – возникновение в теоретически развитых дисциплинах при эмпирическом обнаружении и исследовании принципиально новых явлений, которые не вписываются в уже имеющиеся теории.

Развитие знания – сложный диалектический процесс, имеющий определенные качественно различные этапы [104].

Исторически выделяют ряд направлений в области проблем роста, развития знания. Они представлены особенно ярко в таких течениях, как эволюционная (генетическая) эпистемология и постпозитивизм [104]. Основоположник первого течения – Ж. Пиаже. Проблему развития, изменения знания разрабатывали, начиная с 60-х гг. XX столетия сторонники постпозитивизма – К. Поппер, Т. Кун, И. Лакатос, П. Фейерабенд, Ст. Тулмин и др. Интерес представляет модель историко-научного процесса, предложенная Т. Куном, которая включает в себя два основных этапа. Это «нормальная наука», где безраздельно господствует парадигма, и «научная революция» – конкуренция между альтернативными парадигмами с победой одной из них и переходом к новому периоду «нормальной науки». Т. Кун полагал, что допарадигмальный период характеризуется соперничеством различных школ и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отсутствием общепринятых концепций и методов исследования. Для этого периода характерны частые и серьезные споры о правомерности методов, проблем и стандартных решений. На определенном этапе эти расхождения исчезают в результате победы одной из школ. С признания парадигмы начинается период «нормальной науки», где формулируются и широко применяются (не всеми и не всегда осознанно) самые многообразные и разноуровневые методы, приемы и нормы научной деятельности. Кризис парадигмы есть вместе с тем и кризис присущих ей методологических предписаний. Результатом этого процесса является научная революция – полное или частичное вытеснение старой парадигмы новой, несовместимой со старой. В ходе научной революции происходит такой процесс как смена «понятийной сетки», через которую ученые рассматривали мир. Существенное изменение данной «сетки» вызывает необходимость изменения методологических предписаний. Ученые, особенно мало связанные с предшествующей практикой и традициями, могут видеть, что правила больше не пригодны, и начинают подбирать другую систему правил, которая может заменить предшествующую, и которая была бы основана на новой «понятийной сетке». В этих целях ученые, как правило, обращаются за помощью к философии и обсуждению фундаментальных положений, что не было характерным для периода «нормальной науки». Кун отмечает, что в период научной революции главная задача ученых-профессионалов как раз и состоит в упразднении всех наборов правил, кроме одного – того, который «вытекает» из новой парадигмы и детерминирован ею. Однако упразднение методологических правил должно быть не просто их «чистым отрицанием», а «снятием» с сохранением положительного. Для характеристики этого процесса сам Кун использует термин «реконструкция предписаний».

После постпозитивизма развитие эволюционной эпистемологии пошло по двум основным направлениям. Во-первых, по линии так называемой альтернативной модели эволюции (К. Уоддингтон, К. Халквег, К. Хугер и др.) и, во-вторых, по линии синергетического подхода. К. Уоддингтон и его сторонники считали, что их взгляд на эволюцию дает возможность понять, как такие высоко структурированные системы – живые организмы или концептуальные системы – могут посредством управляющих воздействий самоорганизовываться и создавать устойчивый динамический порядок. В свете этого становится более убедительной аналогия между биологической и эпистемологической эволюцией, чем модели развития научного знания, опирающиеся на традиционную теорию эволюции.

Синергетический подход на сегодняшний день весьма распространен, поскольку идея самоорганизации объясняет возникновение сложных и иерархически организованных, в том числе интеллектуальных, систем. Из основных принципов синергетики отмечают следующие:

– для сложноорганизованных целостных систем характерна не единственность, а множественность путей развития (многовариантность,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

альтернативность), что не исключает возможности выбора наиболее оптимальных из них;

– сложноорганизованным системам нельзя навязывать пути их развития, а необходимо понять, как способствовать их собственным тенденциям развития;

– поскольку для сложных саморазвивающихся систем, как правило, существует несколько альтернативных путей развития, то с выбором пути в точках ветвления (бифуркации) проявляет себя некая предопределенность, доминирующая тенденция развертывания процесса;

– взаимодействие системы с окружающей средой, ее погружение в неравновесные условия может стать исходным пунктом в формировании новых динамических состояний – диссипативных структур;

– вблизи точек бифуркации в системах наблюдаются значительные флуктуации. Такие системы как бы «колеблются» перед выбором одного из нескольких путей развития. Небольшая флуктуация может послужить началом развития в совершенно новом направлении, которое резко изменит все поведение системы на макроуровне;

– на всех уровнях самоорганизации источником порядка является неравновесность (необратимость), которая есть то, что порождает «порядок из хаоса», вызывает возникновение нового единства;

– любые природные и социальные процессы имеют стохастическую (случайную, вероятностную) составляющую и протекают в условиях той или иной степени неопределенности;

– будущее состояние системы организует и изменяет ее текущее состояние, причем в точках бифуркации зависимость настоящего, а, следовательно, и будущего от прошлого практически исчезает;

– по мере усложнения организации систем происходит одновременное ускорение процессов развития и понижение уровня их стабильности;

– зная тенденции самоорганизации системы, можно прогнозировать ее состояние.

В процессе познания действительности особо выделяют научные революции. Это – те этапы развития науки, когда происходит смена исследовательских стратегий, задаваемых ее основаниями. Основания науки включают несколько компонентов. Главные среди них: идеология и методы исследования (представления о целях научной деятельности и способах их достижения); научная картина мира (целостная система представлений об объектах, общих свойствах и закономерностях, формирующаяся на основе научных понятий и законов); философские идеи и принципы, обосновывающие цели, методы и нормы научного исследования. Например, в классической науке XVII–XVIII вв. идеализировалось получение абсолютно истинных знаний о природе; методы познания и научная картина мира носили механический

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

характер, так как любое знание редуцировалось к фундаментальным законам механики; классическая наука находила свое обоснование в идеях и принципах материалистической философии, которая рассматривала познание как отражение в разуме познающего субъекта свойств объектов, существующих вне и независимо от субъекта.

В своем историческом развитии наука сталкивается с проблемой научных революций. Один из первых разработчиков этой проблемы, американский ученый Т. Кун делил этапы развития науки на периоды «нормальной науки» и научной революции. В период «нормальной науки» подавляющее число представителей научного сообщества принимает определенные модели научной деятельности или парадигмы, в терминологии Куна (парадигма: греч. paradeigma – пример, образец), и в их рамках решает все научные проблемы. В содержание парадигм входят совокупность теорий, методологических норм, ценностных стандартов, мировоззренческих установок. Период «нормальной науки» заканчивается, когда появляются проблемы и задачи, не разрешимые в рамках существующей парадигмы. Тогда ей на смену приходит новая парадигма. Так происходит научная революция, которых выделяют четыре [104]. Первой из них была революция XVII в., ознаменовавшая собой становление классической науки. Вторая произошла в конце XVIII – первой половине XIX вв. и ее результатом был переход от классической науки, ориентированной в основном на изучение механических и физических явлений, к дисциплинарно организованной науке. Появление таких наук, как биология, химия, геология и др. способствовало тому, что механическая картина мира перестала быть общенаучной и общемировоззренческой. Новые науки внесли в картину мира идею развития. Происходят изменения и в философских основаниях науки. Центральные проблемы в этот период: вопросы дифференциации и интеграции научного знания, полученного в разных научных дисциплинах, соотношения различных методов научного исследования, классификация наук и поиск ее критериев. Появились принципиально новые, не имеющие места в классической науке объекты исследования, что и повлекло изменения норм, идеалов, методов. Что же касается познавательных установок классической науки, то, как считает современный русский философ В. С. Степин [104], в период становления дисциплинарно организованной науки они не претерпели существенных изменений. Третья революция охватывает период с конца XIX до середины XX вв. Революционные преобразования произошли сразу во многих науках: в физике были разработаны релятивистская и квантовая теории, в биологии – генетика, в химии – квантовая химия и т. д. Возникают новые отрасли научного знания – кибернетика и теория систем. В результате сформировалось новое, неклассическое, естествознание, основания которого радикально отличались от оснований классической науки. Идеалы и нормы неклассической науки базировались на отрицании разумно-логического содержания онтологии, способности разума строить единственно верную идеальную модель реальности, позволяющую получать единственно истинную теорию. Допускалась возможность признавать истинность сразу нескольких теорий. Существенные изменения претерпели многие философские категории, с помощью которых решались проблемы научного познания. Это относится к категориям часть,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

целое, причина, случайность, необходимость и т. д. Изменение их содержания обусловливалось обнаружением в науке того факта, что сложные системы не подчиняются, например, классическому принципу, согласно которому целое есть сумма его частей, целое всегда больше его части. Стало ясно, что целое и часть находятся в более сложных взаимоотношениях в сложных системах. Большое внимание стало уделяться категории случайность, ибо наука открыла огромную роль случайности в становлении законов необходимости. Четвертая научная революция началась в последней трети XX в. и сопровождалась появлением постнеклассической науки. Объектами исследования на этом этапе развития науки становятся сложные системные образования, которые характеризуются уже не только саморегуляцией (с такими объектами имела дело и неклассическая наука), но и саморазвитием. Научное исследование таких систем требует принципиально новых стратегий, которые частично разработаны в синергетике. Синергетика (греч. synergeia – совместный, согласованно действующий) – это направление междисциплинарных исследований, объектом которых являются процессы саморазвития и самоорганизации в открытых системах (физических, химических, биологических, экологических, когнитивных и т. д.). Было выявлено, что материя в ее форме неорганической природы способна при определенных условиях к самоорганизации. Синергетика впервые открыла механизм возникновения порядка из хаоса, беспорядка. Это открытие было революционным, ибо прежде наука представляла эволюцию только в направлении возрастания энтропии системы, т.е. увеличения беспорядка и хаотичности образований. Синергетика обнаружила, что система в своем развитии проходит через точки бифуркации (состояния неустойчивости) и в эти моменты она имеет веерный набор возможностей выбора направления дальнейшего развития. Реализоваться этот выбор может путем небольших случайных воздействий, которые являются своеобразным «толчком» системы в формировании новых устойчивых структур. Становится очевидным, что взаимодействие человека с такого рода системами требует повышенной ответственности, так как человеческое действие и может стать тем «небольшим случайным воздействием», которое видоизменит пространство возможных состояний системы. Субъект становится причастным к выбору системой некоторого пути развития из возможных. А так как сам выбор необратим, а возможный путь развития системы не может быть просчитан с большой достоверностью, то проблема ответственности человека за бездумное вмешательство в процесс саморазвития сложных систем становится очевидной.

Таким образом, постнеклассическая наука имеет дело с системами особой сложности, требующими принципиально новых познавательных стратегий. Все специальные картины мира, которые формируются в различных науках, уже не могут претендовать на адекватность. Они становятся лишь относительно самостоятельными фрагментами общенаучной картины мира. Для изучения и описания саморазвивающихся систем с вариабельным поведением прежние модели и методы не пригодны. Это привело к существенной перестройке норм и идеалов исследования. Так, осуществить построение идеальной или статической модели уже невозможно без использования компьютерных программ, которые позволяют вводить большое число переменных и учесть тенденции развития

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

процессов и характеристик. Классические идеализированные модели не в состоянии связать в целостность огромное многообразие факторов и переменных. Здесь не обойтись без математических экспериментов на ЭВМ, специальных компьютерных программ и новых технологий.

Характерная особенность современной науки – в том, что начинается освоение нового направления, связанного с имитацией искусственного интеллекта в технике и изучением интеллектуальных систем.

2.3 Особенности технического научного знания. Структура, формирование и развитие технической теории

2.3.1 Проблема соотношения науки и техники. Выделяют следующие аспекты иерархии между наукой и техникой:

– техника рассматривается как прикладная наука;

– процессы развития науки и техники рассматриваются как автономные и как скоординированные;

– наука совершенствуется, ориентируясь на развитие технического инструментария;

– до конца XIX в. регулярного применения научных знаний в технической практике не было, но оно характерно для современных технических наук.

2.3.2 Специфика естественных и технических наук. Специфика технических наук выявляется при их сопоставлении с естественными науками. При этом параллельно рассматривается соотношение фундаментальных и прикладных исследований. Выделяют следующие концепции: технические науки отождествляются с прикладным естествознанием; естественные и технические науки рассматриваются как равноправные научные дисциплины; в технических науках выделяются как фундаментальные, так и прикладные исследования.

Концепция 1 (по соотношению технических наук и прикладного естествознания). Технические науки тесно связаны с прикладным естествознанием, составляя особый класс научно-технических дисциплин, отличающихся в известной мере от естественных. Технические науки возникали в качестве прикладных областей исследования естественных наук, используя и значительно видоизменяя заимствованные теоретические схемы, развивая исходное знание. Разделение науки на фундаментальную и прикладную по результатам исследования слишком условно. Существует, конечно, пересечение, стык наук. То исследование, которое известно как фундаментальное и которое является чистой наукой в ближайший отрезок времени, в итоге находит применение. Иными словами, фундаментальное исследование – это поиск некоторых законов

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

природы с учетом использования этих законов. Интересно, что некоторые философы науки считают, что изобретение – это теория, а не практическая деятельность, хотя и с практическим завершением. Термин «прикладная наука» нуждается в уточнении. Обозначая техническую науку в качестве прикладной, исходят обычно из противопоставления «чистой» и прикладной науки. Если цель «чистой» науки – «знать», то прикладной – «делать». В этом случае прикладная наука рассматривается лишь как применение «чистой» науки, которая открывает законы, достигая тем самым понимания и объяснения природы. Однако такой подход не позволяет определить специфику технических наук, поскольку и естественные, и технические науки могут быть рассмотрены как с точки зрения выработки в них новых знаний, так и с позиции приложения этих знаний для решения каких-либо конкретных технических задач. Кроме того, естественные науки могут быть рассмотрены как сфера приложения, например, математики. Разделение наук по сфере практического применения является относительным. При этом считается, что разделение наук на «чистые» и прикладные все же обосновано, если есть различия в точке зрения и мотивации между исследователем, который ищет новые закономерности, и исследователем, который их применяет к проектированию объектов.

Как показывают конкретные исторические примеры, в реальной жизни очень трудно отделить использование научных знаний от их создания и развития. Как правило, инженеры сознательно или несознательно используют и формулируют общие утверждения или законы; математика выступает для них обычным аналитическим средством и языком. Инженеры постоянно выдвигают гипотезы и проектируют эксперименты для лабораторной или натурной проверки этих гипотез. Все это обычно маркируется и воспринимается как наука.

Инженеры используют не столько готовые научные знания, сколько научный метод. Причем в самих технических науках постепенно формируется мощный слой фундаментальных исследований, теперь уже фундаментальные исследования с прикладными целями проводятся в интересах самой техники. Это показывает условность проводимых границ между фундаментальными и прикладными исследованиями. Следует говорить о различии фундаментальных и прикладных исследований и в естественных, и в технических науках, а не о противопоставлении фундаментальных и прикладных наук.

Концепция 2. Технические и естественные науки – равноправные партнеры. Заслуживает внимания та точка зрения, когда технические и естественные науки рассматриваются как равноправные научные

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

дисциплины. Каждая техническая наука – это отдельная и относительно автономная дисциплина, обладающая рядом особенностей. Технические науки – часть науки и, хотя они не должны далеко отрываться от технической практики, не совпадают с ней. Техническая наука обслуживает технику, но является прежде всего наукой, т. е. направлена на получение объективного знания.

Становление технических наук связано с широким движением в XIX в. по приданию инженерному знанию формы, аналогичной науке. Среди результатов этой тенденции было формирование профессиональных обществ, подобных тем, которые существовали в науке, появление исследовательских журналов, создание исследовательских лабораторий и приспособление математической теории и экспериментальных методов науки к нуждам инженерии. Инженеры XX в. заимствовали не просто результаты научных исследований, но также методы и социальные институты научного сообщества. С помощью этих средств они смогли сами генерировать специфические, необходимые для их профессионального сообщества знания. Современная техническая сфера включает, по словам Степина В. С., ученых, которые формируют технику и техников, которые работают как ученые. Их работа (если они работают, например, в университете и не выполняют практических обязанностей) является «чистой» наукой, хотя свои результаты они публикуют в соответствующих технических журналах. Старая точка зрения, что фундаментальная наука генерирует все знания, которые техник затем применяет, просто не помогает в понимании особенностей современной техники.

Сегодня очевидно, что целевые исследования, которые ведутся в промышленных лабораториях исследователями, получившими инженерное образование, приводят к важным научным прорывам или что ученые, работающие в университетах или академических центрах, приходят к важным технологическим открытиям. Поэтому технические науки в полной мере рассматриваются как самостоятельные научные дисциплины наряду с естественными и математическими науками. Вместе с тем они существенно отличаются от последних по специфике своей связи с техникой.

Технические и естественные науки имеют одну и ту же предметную область инструментально измеримых явлений. Хотя они могут исследовать одни и те же объекты, но проводят исследование этих объектов различным образом.

Технические явления в экспериментальном оборудовании естественных наук играют решающую роль, а большинство физических экспериментов является искусственно созданными ситуациями. Объекты технических наук представляют собой своеобразный синтез «естественного» и «искусственного». Искусственность объектов

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

технических наук заключается в том, что они являются продуктами сознательной целенаправленной человеческой деятельности. Их естественность обнаруживается в том, что все искусственные объекты в конечном итоге создаются из естественного (природного) материала. Естественнонаучные эксперименты являются артефактами, а технические процессы – фактически видоизмененными природными процессами. Осуществление эксперимента – это деятельность по реализации технических эффектов; она в какой-то мере может быть квалифицирована как инженерная, т.е. конструирование машин, воссоздание искусственных процессов и состояний, однако с целью получения новых научных знаний о природе или подтверждения научных законов, а не исследования закономерностей функционирования и создания самих технических устройств. Поэтому, указывая на инженерный характер физического эксперимента, следует учесть, что и современная инженерная деятельность была в значительной степени видоизменена под влиянием развитого в свое время в науке мысленного эксперимента. Естественнонаучный эксперимент – это не столько конструирование реальной экспериментальной установки, сколько, прежде всего идеализированный эксперимент, оперирование с идеальными объектами. Так, Галилей был не только изобретателем и пропагандистом использования техники в научном исследовании, но он также переосмыслил и преобразовал техническое действие в физике. Были обеспечены новые контролируемые, почти лабораторные ситуации, в которых он мог одним из первых наблюдать естественные явления, нелегко различимые в обычном состоянии природы.

Технические науки в начале XX столетия составили сложную иерархическую систему знаний – от весьма систематических наук до собрания правил в инженерных руководствах. Некоторые из них строились непосредственно на естествознании (например, механика материалов и гидравлика) и часто рассматривались в качестве особой отрасли физики, другие (теоретическая механика и теория кинематика механизмов и машин) развивались из непосредственной инженерной практики. И в одном, и в другом случае инженеры заимствовали как теоретические и экспериментальные методы науки, так и многие накопленные институтами ценности, связанные с их использованием. Уже к началу XX столетия технические науки, выросшие из практики, приняли качество подлинной науки, признаками которой являются систематическая организация знаний, опора на эксперимент и построение математизированных теорий. В технических науках появились также особые фундаментальные исследования.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Таким образом, естественные и технические науки – равноправные партнеры. Они тесно связаны как в генетическом аспекте, так и в процессах своего функционирования. Именно из естественных наук в технические были транслированы первые исходные теоретические положения, способы представления объектов исследования и проектирования, основные понятия, а также был заимствован самый идеал научности, установка на теоретическую организацию научно-технических знаний, на построение идеальных моделей, математизацию. В технических науках все заимствованные из естествознания элементы претерпели существенную трансформацию, в результате чего и возник новый тип организации теоретического знания. Кроме того, технические науки со своей стороны в значительной степени стимулируют развитие естественных наук, оказывая на них обратное воздействие.

В настоящее время научно-технические дисциплины представляют собой широкий спектр различных дисциплин – от самых абстрактных до весьма специализированных, которые ориентируются на использование знаний не только естественных наук (физики, химии, биологии и т. д.), но и гуманитарных и общественных (лингвистики, экономики, социологии, психологии и т. п.). Относительно некоторых научно-технических дисциплин вообще трудно сказать, принадлежат ли они к чисто техническим наукам или представляют какое-то новое, более сложное единство науки и техники. Кроме того, некоторые части технических наук могут иметь характер фундаментального, а другие – прикладного исследования. Это же справедливо и для естественных наук. Творческие и нетворческие элементы имеют место равно как в естественных, так и в технических науках. Причем сам процесс практического приложения не является однонаправленным, он реализуется как последовательность итераций и связан с выработкой новых знаний.

Концепция 3 (по фундаментальным и прикладным исследованиям в технических науках). В *прикладном исследовании* результаты адресованы производителям и заказчикам и подчинены их желаниям, *фундаментальное* адресовано другим членам научного сообщества. Современная техника не является только применением существующего научного знания, но имеет творческую компоненту. Поэтому в методологическом плане исследование в технической науке не очень сильно отличается от чисто научного. Для современной инженерной деятельности требуются не только краткосрочные исследования, направленные на решение специальных задач, но и широкая долговременная программа фундаментальных исследований в лабораториях и институтах, специально предназначенных для развития технических наук. В то же время современные фундаментальные

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

исследования (особенно в технических науках) все более оказываются тесно связанными с приложениями.

Для современного этапа развития науки и техники характерно использование методов фундаментальных исследований для решения прикладных проблем. Тот факт, что исследование является фундаментальным, еще не означает, что его результаты неутилитарны. Работа же, направленная на прикладные цели, может быть весьма фундаментальной. Критериями их разделения являются в основном временной фактор и степень общности. Вполне правомерно сегодня говорить и о фундаментальном промышленном исследовании.

Перечислим великих ученых, бывших одновременно инженерами и изобретателями: Д. У. Гиббс – химик-теоретик – начал свою карьеру как механик-изобретатель; Дж. фон Нейман начал как инженер-химик, далее занимался абстрактной математикой и впоследствии опять вернулся к технике; Н. Винер и К. Шеннон были одновременно и инженерами и первоклассными математиками; Клод Луис Навье, инженер французского Корпуса мостов и дорог, проводил исследования в математике и теоретической механике; Вильям Томсон (лорд Кельвин) удачно сочетал научную карьеру с постоянными поисками в сфере инженерных и технологических инноваций.

Хороший инженер ищет решения, даже если они еще не полностью приняты наукой, а прикладные исследования и разработки выполняются людьми с исходной подготовкой в области фундаментальной науки.

Таким образом, в научно-технических дисциплинах необходимо четко различать исследования, включенные в непосредственную инженерную деятельность (независимо от того, в каких организационных формах они протекают), и теоретические исследования, которые мы будем далее называть *технической теорией*.

Для выявления особенностей технической теории ее зачастую сравнивают с естественнонаучной. Техническая теория создает реальность, в то время как научная теория только исследует и объясняет ее. Важным моментом в развитии технических наук явилось связывание технических знаний с математико-естественнонаучными методами. Для современной науки характерно ее ответвление в специальные технические теории. Это происходит за счет построения специальных моделей в направлении формулировки теорий технических структур и конкретизации общих научных теорий. Многие первые научные теории были, по сути, теориями научных инструментов, т. е. технических устройств: например, физическая оптика – это теория микроскопа и телескопа, пневматика – теория насоса и барометра, а термодинамика – теория паровой машины и двигателя. В технической науке теория – не только вершина исследовательского цикла и ориентир для дальнейшего исследования, но и основа системы

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

определенных правил и регламентов. Такая теория либо рассматривает объекты действия (например, машины), либо относится к самому действию (например, к решениям, которые предшествуют и управляют использованием машин).

Различают *научные законы*, описывающие реальность, и *технические правила*, *алгоритмы*, которые указывают, как поступать, чтобы достичь определенной цели, являясь инструкцией к выполнению действий. В отличие от общих физических законов, описывающих форму *возможных событий*, технические правила являются *нормами*. В то время, как утверждения, выражающие законы, могут быть в той или иной мере *истинными*, правила могут быть более или менее *эффективными*. Научное *предсказание* сообщает о том, что случится или может случиться при определенных обстоятельствах. Технический *прогноз*, который исходит из технической теории, формулирует предположение о том, как повлиять на обстоятельства, чтобы могли произойти определенные события или, напротив, их можно было бы предотвратить.

По мнению ученых-философов, техническую теорию создает особый слой посредников – «ученые-инженеры» или «инженеры-ученые». Для того, чтобы информация перешла от одного сообщества (ученых) к другому (инженеров), необходима ее серьезная переформулировка и развитие. Так, Максвелл был одним из тех ученых, которые сознательно пытались сделать вклад в технику (и он действительно оказал на нее большое влияние). Но потребовались почти столь же мощные творческие усилия британского инженера Хэвисайда, чтобы преобразовать электромагнитные уравнения Максвелла в такую форму, которая могла быть использована инженерами.

Технические теории в свою очередь оказывают большое обратное влияние на физическую науку. Так, теория упругости была генетической основой модели эфира, а гидродинамика – вихревых теорий материи.

В современной философии техники на основе фундаментального теоретического исследования в технических науках проведена классификация типов технической теории. Разделение исследований в технических науках на фундаментальные и прикладные позволяет рассматривать техническую теорию в качестве предмета особого философско-методологического анализа и изучать ее внутреннюю структуру [77].

За последние десятилетия возникло множество специфических технических наук, которые могут быть названы абстрактными техническими теориями (например, системотехника, информатика, теории автоматических систем и искусственного интеллекта). Для них характерно

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

включение в фундаментальные инженерные исследования общей методологии. Для трактовки отдельных сложных явлений в технических разработках могут иногда привлекаться различные, логически не связанные теории. Такие теоретические исследования становятся по самой своей сути комплексными и учитывают взаимодействие технических разработок с экономическими факторами, связь техники с культурными традициями, историческими факторами и др. При этом необходим анализ социального контекста научно-технических знаний.

Последовательного изучения требуют следующие вопросы: генезис технических теорий классических технических наук и их отличие от физических теорий; особенности теоретико-методологического синтеза знаний в современных научно-технических дисциплинах; развитие современной инженерной деятельности и необходимость социальной оценки техники.

2.3.3 Структура технической теории и специфика технического знания. Первые технические теории строились по образцу физических, в которых, наряду с концептуальным и математическим аппаратом, важную роль играли теоретические схемы, образующие «фундамент» теории.

Теоретические схемы представляют собой совокупность абстрактных объектов, ориентированных как на применение соответствующего математического аппарата, так и на мысленный эксперимент, т. е. проектирование возможных экспериментальных ситуаций. Они выражают особые идеализированные представления (теоретические модели), которые часто изображают графически. Примером их могут быть электрические и магнитные силовые линии, введенные М. Фарадеем в качестве схемы электромагнитных взаимодействий. Представители научного сообщества всегда располагают идеализированным представлением объекта исследования и постоянно мысленно оперируют с ним. В технической теории такого рода графические изображения играют существенную роль.

Теоретические схемы выражают особое видение мира под определенным углом зрения, заданным в данной теории. Эти схемы, с одной стороны, отражают интересующие данную теорию свойства и стороны реальных объектов, а с другой, – являются ее оперативными средствами для идеализированного представления этих объектов, которое может быть практически реализовано в эксперименте путем устранения побочных влияний на технической основе. Так, Г. Галилей, проверяя закон свободного падения тел, выбрал для бросаемого шарика очень твердый материал, что позволяло практически пренебречь его деформацией. Стремясь устранить трение на наклонной плоскости, он оклеил ее

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отполированным пергаментом. В качестве теоретической схемы подобным образом технически изготовленный объект представлял собой наклонную плоскость, т. е. абстрактный объект, соответствующий некоторому классу реальных объектов, для которых можно пренебречь трением и упругой деформацией. Одновременно он представлял собой объект оперирования, замещающий в определенном отношении реальный объект, с которым осуществлялись различные математические действия и преобразования.

Таким образом, абстрактные объекты, входящие в состав теоретических схем математизированных теорий, представляют собой результат идеализации и схематизации экспериментальных объектов инженерной деятельности.

Особенность технических наук заключается в том, что инженерная деятельность дополняет эксперимент. Именно в инженерной деятельности проверяется адекватность теоретических выводов технической теории и создается новый эмпирический материал.

Абстрактные объекты технической теории обладают целым рядом особенностей. Прежде всего, они являются «однородными» в том смысле, что собраны из некоторого фиксированного набора блоков по определенным правилам. Например, в электротехнике таковыми являются емкости, индуктивности, сопротивления; в электронике – генераторы, фильтры, усилители и т. д.; в теории механизмов и машин – звенья, кинематические пары, передачи и т.д. Подобное строение абстрактных объектов является специфичным и обязательным для технической теории, делая их однородными в том смысле, что они сконструированы, во-первых, с помощью фиксированного набора элементов и, во-вторых, ограниченного и заданного набора операций их сборки. Любые механизмы могут быть представлены как состоящие из иерархически организованных цепей, звеньев, пар и элементов. Это обеспечивает соответствие абстрактных объектов конструктивным элементам реальных технических систем и создает возможность их дедуктивного преобразования на теоретическом уровне. Поскольку все механизмы оказываются собранными из одного и того же набора типовых элементов, то остается задать лишь определенные процедуры их сборки и разборки из идеальных цепей, звеньев и пар элементов. Эти идеализированные блоки соответствуют стандартизованным конструктивным элементам реальных технических систем. В теоретических схемах технической науки задается образ исследуемой и проектируемой технической системы.

Специфика технической теории состоит в том, что она ориентирована на конструирование технических систем. Научные знания и законы, полученные естественнонаучной теорией, требуют еще

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

длительной «доводки» для применения их к решению практических инженерных задач, в чем и состоит одна из функций технической теории.

Теоретические знания в технических науках должны быть обязательно доведены до уровня практических инженерных рекомендаций. Выполнению этой задачи служат в технической теории правила соответствия, перехода от одних модельных уровней к другим, а проблема интерпретации и эмпирического обоснования в технической науке формулируется как задача реализации. Поэтому в технической теории важную роль играет разработка особых операций перенесения теоретических результатов в область инженерной практики.

Эмпирический уровень технической теории образуют конструктивно-технические, технологические и практико-методические знания, являющиеся результатом обобщения практического опыта при проектировании, изготовлении, доработке (отладке) и эксплуатации технических систем. Это – эвристические методы и приемы, разработанные в самой инженерной практике, но рассмотренные в качестве эмпирического базиса технической теории.

Конструктивно-технические знания преимущественно ориентированы на описание строения (или конструкции) технических систем, представляющих собой совокупность элементов, имеющих определенную форму, свойства и способ соединения. Они включают также знания о технических процессах и параметрах функционирования этих систем.

Технологические знания фиксируют методы создания технических систем и принципы их использования.

Практико-методические знания представляют собой практические рекомендации по применению научных знаний, полученных в технической теории, в практике инженерного проектирования. По сути это – те же самые технологические и конструктивно-технические знания, только являющиеся уже не результатом обобщения практического опыта инженерной работы, а продуктом теоретической деятельности в области технической науки и поэтому сформулированы в виде рекомендаций для еще неосуществленной инженерной деятельности. В них также формулируются задачи, стимулирующие развитие технической теории.

Теоретический уровень научно-технического знания включает в себя три основных уровня (слоя) теоретических схем: функциональные, поточные и структурные.

Функциональная схема фиксирует общее представление о технической системе независимо от способа ее реализации и является результатом идеализации технической системы на основе принципов определенной технической теории. Функциональные схемы совпадают для целого класса технических систем. Блоки таких схем фиксируют только те

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

свойства элементов технической системы, ради которых они включены в нее для выполнения общей цели. Каждый элемент в системе выполняет определенную функцию. Совокупность такого рода свойств, рассмотренных обособлено от тех нежелательных свойств, которые привносит с собой элемент в систему, определяют блоки (или функциональные элементы) таких схем. Как правило, они выражают обобщенные математические операции, а функциональные связи, или отношения, между ними – определенные математические зависимости. Функциональные схемы, например, в теории электрических цепей представляют собой графическую форму математического описания состояния электрической цепи. Каждому функциональному элементу такой схемы соответствует определенное математическое соотношение (между силой тока и напряжением на некотором участке цепи или вполне определенная математическая операция: дифференцирование, интегрирование и т. п.). Порядок расположения и характеристики функциональных элементов адекватны электрической схеме. Функциональные схемы могут быть не обязательно связаны с конкретным математическим аппаратом. В этом случае они выражаются в виде простой декомпозиции взаимосвязанных функций, направленных на выполнение общей цели, предписанной данной технической системе. С помощью такой функциональной схемы строится алгоритм функционирования системы и выбирается ее конфигурация (внутренняя структура).

Схема функционирования описывает естественные процессы, протекающие в технической системе и связывающие ее элементы в единое целое. Блоки таких схем отражают различные действия, выполняемые над естественным процессом элементами технической системы в ходе ее функционирования. Такие схемы строятся исходя из определенных физических представлений.

Для каждого вида физического процесса применяется наиболее адекватный ему математический аппарат, призванный обеспечить эффективный анализ поточной схемы технической системы в данном режиме ее функционирования. Для разных режимов функционирования технической системы может быть построено несколько поточных и функциональных схем. В общем случае функциональные схемы отображают не только естественные процессы, но и вообще любые потоки субстанции (вещества, энергии, информации). В частном случае эти процессы могут быть редуцированы к стационарным состояниям, но последние могут рассматриваться как вырожденный частный случай процесса.

Структурная схема технической системы фиксирует те узловые точки, на которые замыкаются потоки (процессы функционирования). Это

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

могут быть единицы оборудования, детали или даже целые технические комплексы, представляющие собой конструктивные элементы различного уровня, входящие в данную техническую систему, которые могут отличаться по принципу действия, техническому исполнению и ряду других характеристик. Такие элементы обладают кроме функциональных свойств свойствами второго порядка, т. е. теми, которые привносят с собой в систему определенным образом реализованные элементы, в том числе и нежелательными (например, усилитель – искажения усиливаемого сигнала). Структурная схема фиксирует конструктивное расположение элементов и связей данной технической системы и уже предполагает определенный способ ее реализации. Такие схемы сами уже являются результатом некоторой идеализации, отображают структуру технической системы, но не являются ни ее подробным описанием в целях воспроизведения, ни ее техническим проектом, по которому может быть построена такая система. Это – пока еще теоретический набросок структуры будущей технической системы, который может помочь разработать ее проект. Структурные схемы в классических технических науках отображают именно конструкцию технической системы и ее технические характеристики. В этом случае они позволяют перейти от естественного модуса рассмотрения технической системы, который фиксируется в его поточной схеме физического процесса, к искусственному модусу. Поэтому в частном случае структурная схема в идеализированной форме отображает техническую реализацию физического процесса. В классической технической науке такая реализация, во-первых, является всегда технической и, во-вторых, осуществляется всегда в контексте определенного типа инженерной деятельности и вида производства. В современных человеко-машинных системах такая реализация может быть самой различной, в том числе и нетехнической. В этом случае термины «технические параметры», «конструкция» и т. п. не годятся. Речь идет о конфигурации системы, их обобщенной структуре.

В технической теории на материале одной и той же технической системы строится несколько оперативных пространств, которым соответствуют различные теоретические схемы. В каждом таком «пространстве» используются разные абстрактные объекты и средства оперирования с ними, решаются особые задачи. Механизмы взаимодействия этих оперативных пространств определяются в результате анализа функционирования технической теории.

2.3.4 Современный этап развития инженерной деятельности при проектировании технических объектов. Проблемы практического использования научных знаний, повышения эффективности научных

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

исследований и разработок стимулируют инженерную деятельность, которая является весьма значимой для современной культуры и экономического развития. В настоящее время многие технические вузы готовят инженеров различного профиля для самых разных областей народного хозяйства. Рост профессионального сознания инженеров предполагает реализацию возможностей своей специальности в смысле значимости инженерной деятельности, а также изменений ее ориентаций в культуре текущего столетия.

Общество с рыночной экономикой требует от инженера как знаний технических и конструктивных параметров будущего изделия, так и знаний в области маркетинга и сбыта, учета социально-экономических факторов и психологии потребителя. Инженерная деятельность предполагает регулярное применение знаний, полученных в научной деятельности для создания искусственных технических систем: устройств, механизмов, машин. Это заметно отличает ее от технической деятельности, ведь последняя больше основывается на опыте, практических навыках, интуиции и идеях. Инженерную деятельность нельзя отождествлять лишь с деятельностью инженеров, которые часто вынуждены выполнять как техническую, так и научную работу в случае, если имеющихся знаний недостаточно для создания конкретной технической системы или реализации проекта. В то же время специфика технических ученых состоит в том, что приходится непосредственно обращаться к изобретательству, конструированию, проектированию параллельно с научной деятельностью. Инженерную деятельность рассматривают независимо от того, кем она реализуется (специально для этого подготовленными профессионалами, инженерами, учеными или талантливыми самоучками).

Современный этап развития инженерной деятельности характеризуется системным подходом к решению сложных научно-технических задач, обращением ко всему комплексу естественных, технических, социальных и гуманитарных дисциплин. Исторически существовал так называемый классический этап, когда инженерная деятельность начиналась лишь как *изобретательство*, затем в ней выделились *проектно-конструкторская* деятельность и *организация производства*.

Обособление проектирования и проникновение его в смежные области, связанные с решением сложных социотехнических проблем, привело к изменению традиционного инженерного мышления и развитию новых форм инженерной и проектной культуры, появлению новых системных и методологических ориентаций, к выходу на гуманитарные методы познания и освоение действительности. Традиционно выделяют

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

такие этапы развития инженерной деятельности и проектирования: классическая инженерная деятельность; системотехническая деятельность; социотехническое проектирование [104].

2.3.5 Классическая инженерно-техническая деятельность. Профессиональная инженерно-техническая деятельность как профессия возникла на основе регулярного применения научных знаний в технической практике. Ее формирование связано с эпохой Возрождения, причем ценностные ориентации этой деятельности тесно связывались с ценностями первой технической практики, когда акценты делались на активном привлечении науки. В результате эпоха Возрождения дала первых импровизированных инженеров. Они сформировались в среде ученых, обратившихся к технике, или ремесленников-самоучек, приобщившихся к науке. Решая технические задачи, первые инженеры и изобретатели обращались за помощью к математике и механике, из которых они заимствовали знания и методы для инженерного анализа. Первые инженеры – это одновременно художники-архитекторы, консультанты-инженеры по фортификационным сооружениям и гражданскому строительству, врачи, математики, естествоиспытатели и изобретатели. Таковы, например, Леон Батиста Альберти, Леонард да Винчи, Никколо Тарталья, Джироламо Кардано, Джон Непер и др. Знание в это время рассматривалось как вполне реальная сила, а инженер – как обладатель этого знания. В этот период инженеры чувствовали потребность в науке для надлежащей реализации своих технических работ. Повсеместно начинала ощущаться потребность в создании новых технических теорий, в систематизации и кодификации технических знаний и подведении под них некоего общего теоретического базиса. Именно такая двойственная ориентация инженера – с одной стороны, на научные исследования физических явлений, а с другой, – на производство, или воспроизведение, своего замысла целенаправленной деятельностью человека-творца, заставляла его взглянуть на свое изделие иначе, чем это делали ремесленники и ученые-естествоиспытатели. Если цель технической деятельности – непосредственно организовать изготовление системы, то цель инженерной деятельности – сначала определить влияющие на объект материальные условия и искусственные средства, заставляющие его функционировать так, как это необходимо, и затем на основе полученных знаний задать требования к этим условиям и средствам, а также указать способы и последовательность их обеспечения и изготовления. Инженеры и ученые-экспериментаторы оперирует с идеализированными представлениями о физических объектах, причем

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

первый из них использует эти знания и представления для создания технических систем, а второй создает экспериментальные устройства для обоснования и подтверждения данных представлений.

С развитием экспериментального естествознания, превращением инженерной профессии в массовую в XVIII–XIX вв. возникла необходимость научного образования инженеров. Появление высших технических школ знаменует следующий важный этап в развитии инженерной деятельности. Одной из первых таких школ была Парижская политехническая школа, основанная в 1794 г., занимавшаяся систематической научной подготовкой будущих инженеров. Эта школа стала образцом для организации аналогичных высших технических учебных заведений. Подобные учреждения выполняли как учебные, так и исследовательские функции, чем способствовали развитию технических наук. К началу XX столетия инженерная деятельность представляла собой совокупность изобретательской, конструкторской, проектировочной и технологической деятельности, обслуживающую разнообразные отрасли.

Для современной инженерно-технической деятельности характерна глубокая дифференциация по различным отраслям и функциям, которая привела к разделению ее на целый ряд взаимосвязанных видов деятельности и выполняющих их кооперантов. Такая дифференциация стала возможной далеко не сразу. Сложная кооперация различных видов инженерно-технической деятельности складывалась постепенно. На первых этапах своего профессионального развития инженерно-техническая деятельность была ориентирована на применение знаний естественных наук (физики, математики) и включала в себя *изобретательство, конструирование* опытного образца и *разработку технологии* изготовления новой технической системы. Инженерная деятельность, первоначально выполняемая изобретателями, конструкторами и технологами, тесно связывалась с технической исполнительской работой, выполняемой на производстве. Связь между этими двумя видами деятельности начала осуществляться с помощью чертежей.

С течением времени структура инженерно-технической деятельности усложнилась. Классическая инженерная деятельность стала включать в себя изобретательство, конструирование и организацию производства технических систем, а также инженерные исследования и проектирование.

В результате *изобретательской деятельности* на основе научных знаний и технических изобретений заново создавались новые принципы действия и способы их реализации, конструкции технических систем и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отдельных их компонентов. Сложность в изготовлении, конструировании и техническом обслуживании, необходимость создания технических систем, многие элементы которых принципиально отличались от существующих, стимулировали производство особого продукта, объективированного в виде *патентов, авторских свидетельств, изобретений, полезных моделей*. Изобретения стали иметь широкую сферу применения, выходящую за пределы единичного акта инженерной деятельности, и использовались в качестве исходного материала при конструировании и изготовлении технических систем.

Образцы такого рода деятельности продемонстрировали многие ученые-естествоиспытатели при совершенствовании существующих конструкций и разработке новых. Например, Гук изобрел микроскоп, Герц – новую аппаратуру для регистрации и получения электромагнитных волн. Гюйгенс придумал конструкцию часов, которая осуществила движение центра тяжести маятника по циклоиде так, чтобы время его качания не зависело от величины размаха. Ньютон изобрел телескоп совершенно новой конструкции и придумал способ полировки металлической поверхности; он также занимался успешными поисками подходящих сплавов для зеркала. Эйнштейн уделял большое внимание конструкторско-изобретательскому творчеству, имея около двадцати оригинальных патентов, в которых нашла свое отражение его способность умело комбинировать известные методы или физические эффекты для разрешения конкретных задач, выдвигаемых запросами промышленности.

С развитием массового производства стало важно, чтобы изобретение попало в промышленность. Для этого возникла необходимость его специальной проектно-конструкторской подготовки.

Конструирование – это разработка конструкции технической системы, которая затем материализуется при изготовлении на производстве. Конструкция технической системы представляет собой определенным образом связанные стандартные элементы, выпускаемые промышленностью или изобретенные заново, и является общей для целого класса изделий производства.

Исходным материалом *изготовления* являются материальные ресурсы, из которых создается изделие. Эта деятельность связана с монтажом уже готовых элементов конструкции и с параллельным изготовлением новых элементов. При этом важна *организация производства* конкретного вида изделий и разработке технологии изготовления определенной конструкции технической системы. Часто крупные инженеры и исследователи одновременно сочетают в себе и изобретателя, и конструктора, и организатора производства. Современное разделение труда в области инженерной деятельности неизбежно ведет к

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

специализации инженеров, работающих преимущественно в сфере либо инженерного исследования, либо конструирования, либо организации производства и технологии изготовления технических систем.

Инженерно-технические исследования, в отличие от теоретических исследований в технических науках, непосредственно вплетены в инженерную деятельность, осуществляются в сравнительно короткие сроки и включают в себя предпроектное обследование, научное обоснование разработки, исследование возможности использования уже полученных научных данных для конкретного инженерного анализа, характеристику эффективности разработки, анализ необходимости проведения недостающих научных исследований и т. д. Инженерные исследования проводятся в сфере инженерной практики и направлены на конкретизацию имеющихся научных знаний применительно к определенной технической задаче. Результаты этих исследований находят свое применение, прежде всего, в сфере инженерного проектирования. Именно такого рода инженерные исследования осуществляются крупными специалистами в области конкретных технических наук, когда они выступают в качестве экспертов при разработке сложных технических проектов.

Происходит накопление конструктивно-технических и технологических знаний, которые представляют собой эвристические методы и приемы, разработанные в самой инженерной практике. При дальнейшем прогрессивном развитии инженерной деятельности эти знания становятся предметом обобщения в науке. Первоначально вся инженерная деятельность была ориентирована на использование лишь естественнонаучных знаний, и в ней принимали активное участие многие ученые-естествоиспытатели, конструируя экспериментальное оборудование и технические устройства. Поэтому именно в естественных науках формируются особые разделы, специально ориентированные на обслуживание инженерной практики. Помимо ученых-теоретиков и ученых-экспериментаторов, появляются специалисты в области прикладных исследований и технических наук, задача которых – обслуживание инженерной деятельности.

Существует множество областей технической науки, относящихся к различным сферам инженерной деятельности. Причем области технической науки и соответствующие им сферы инженерной деятельности не тождественны. В технических науках развиты особые теоретические принципы, построены специфические идеальные объекты, введены новые научные законы, разработан оригинальный матема-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

тический и понятийный аппарат. Технические науки удовлетворяют всем основным критериям выделения научной дисциплины и достаточно четко ориентированы на решение инженерных задач, имея вполне определенную специфику. В них обосновываются концепции, доказываются теоремы и строятся теоретические системы. Наряду с этим важное место занимает анализ, различные методические рекомендации. Главная цель технических наук – выработка методических рекомендаций по применению научных знаний, полученных теоретическим путем применительно к технической практике. Специфика технической науки определяется необходимостью использования ее результатов именно для конструирования технических систем.

С появлением и развитием технических наук в инженерной деятельности выделились новые направления, тесно связанные с научной деятельностью (но не сводимые к ней), с проработкой общей идеи, замысла создаваемого объекта и, прежде всего, – проектирование.

Проектирование как особый вид технической деятельности сформировался в начале XX столетия и связан первоначально с необходимостью особого (точного) графического изображения замысла инженера для его передачи исполнителям на производстве. Постепенно эта деятельность переплетается с научно-техническими расчетами основных параметров будущей технической системы, ее предварительным исследованием.

В техническом проектировании следует различать «внутреннее» и «внешнее» проектирование. Первое связано с созданием чертежной документации (проектов), которая служит основными документами для изготовления технической системы на производстве; второе направлено на проработку общей идеи системы, ее исследование с помощью теоретических средств, разработанных в соответствующей технической науке.

Проектирование отличается от конструирования. Для проектировочной деятельности исходным является *социальный заказ*, т. е. потребность в создании определенных объектов, вызванная либо «разрывами» в практике их изготовления, либо конкуренцией, либо потребностями развивающейся социальной практики. Продукт проектировочной деятельности в отличие от конструкторской выражается в особой знаковой форме – в виде текстов, чертежей, графиков, расчетов, моделей и т. д. Результат конструкторской деятельности должен быть обязательно материализован в виде опытного образца, с помощью которого уточняются конструктивно-технические характеристики проектируемой технической системы.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Возрастание специализации различных видов технико-инженерной деятельности привело к необходимости ее теоретического описания: во-первых, в целях обучения и передачи опыта и, во-вторых, для осуществления автоматизации самого процесса проектирования и конструирования технических систем. Выделение проектирования и его обособление в самостоятельную область деятельности во второй половине XX в. Поставило проблему перед традиционным инженерным мышлением, ориентированным на приложение знаний лишь естественных и технических наук и созданию относительно простых технических систем. Результатом решения этой проблемы стало формирование системотехнической деятельности, направленной на создание сложных технических систем.

2.3.6 Этап системотехнической деятельности. Исторически сложилось, что во второй половине XX в. изменился не только объект конструкторской деятельности (вместо отдельного технического устройства – машины – объектом проектирования становится сложная человеко-машинная система), но изменилась и сама техническая деятельность, которая по мере усложнения потребовала новой организации и управления. Наряду с прогрессирующей дифференциацией инженерно-технической деятельности по различным отраслям и видам возникла ее интеграция. Для осуществления такой интеграции потребовались особые специалисты. Их назвали *инженерами-системотехниками.*

Ввиду неоднородности системотехнической деятельности (СД) она включала в себя различные виды инженерно-технических разработок и научных исследований. В СД оказались вовлечены многие отраслевые и академические институты; над одними и теми же проектами трудились специалисты самых различных областей науки и техники. Координация всех аспектов системотехнической деятельности стала научной, конструкторской и организационной задачей. СД осуществлялась группами специалистов, занимающихся разработкой отдельных подсистем. Дифференциация сложной технической системы на подсистемы шла по разным признакам: в соответствии со специализацией, существующей в технических науках; по сфере проектировочных и инженерных групп; в соответствии со сложившимися организационными подразделениями и т. д. Каждой подсистеме соответствовали аспекты определенных специалистов. Эти специалисты связывались между собой благодаря существующим формам разделения труда, последовательности этапов работы, общим целям и т. д. Для реализации системотехнической деятельности появилась группа особых специалистов, своего рода универсалистов-координаторов (главный конструктор, руководитель темы,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

главный специалист проекта или службы научной координации, руководитель научно-тематического отдела). Эти специалисты осуществляли координацию, научно-тематическое руководство в плане объединения различных подсистем и отдельных операций системотехнической деятельности в единое целое. Подготовка таких универсалистов требовала не только их знакомства со знаниями координируемых ими специалистов, но и развернутого представления о методах описания самой системотехнической деятельности. Среди имеющихся способов такого описания выделялись три основных: градация системотехнической деятельности по объекту (этапы разработки системы); описание последовательности фаз и операций системотехнической деятельности; анализ ее с точки зрения кооперации работ и специалистов.

Этапы разработки системы рассматривались в соответствии с градацией СД по объекту. В ходе проектирования представление о сложной технической системе изменилось. Произошла последовательная конкретизация моделей этой системы. Рассмотрим этот способ описания СД на примере работы У. Гослинга «Проектирование технических систем». В ней представлены общие процедурные правила создания систем на различной материальной основе. Системотехническая деятельность рассматривалась как процесс синтеза функциональной модели системы и затем ее преобразования в структурную модель (или ее реализации). Каждый этап связывался с определенными средствами символического и графического представления системы. Функциональная модель воспроизводила протекание в реальной системе субстанции (вещества, энергии, информации), т.е. преобразовывала входную субстанцию в выходную адекватно функционированию реальной технической системы. Гослинг назвал такую модель поточной системой. Здесь могут вводиться определенные промежуточные преобразования, т.е. описываться операции, которые выполняет каждый элемент системы по отношению к внутреннему потоку. В качестве функциональных моделей могут быть использованы математические модели. Структурные модели делились на диаграммы протекания субстанции и блок-схемы. Диаграмма протекания субстанции показывала последовательность операций (более детально, чем это дано в функциональной модели, где строгая последовательность может и не соблюдаться) и давала минимум информации о плане построения системы: идентификацию элементов и схему связей. В блок-схеме давалась форма субстанции на входах одного и выходах другого элемента. Для этой цели использовались особые элементы – трансдьюссеры, т.е. преобразователи формы субстанции. Функциональные модели получались тремя способами. В первом и во втором случаях предварительно существует прототип системы. В первом

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

случае он давался в виде блок-схемы, а во втором – в виде последовательности инструкций. На блок-схеме могла получаться диаграмма протекания субстанции, а из нее – функциональная модель. Из последовательности инструкций сначала строились поточные диаграммы для различных групп инструкций, которые затем собирались в единую функциональную модель. В третьем случае такого прототипа системы нет. Функциональная модель могла быть получена либо с помощью аналогий, либо задача сводилась к подсистемам, либо модель составлялась с помощью модификации некоторых элементов доступной системы. Наконец, возможно было изменение проблемы, если функциональная модель не получалась ни одним из указанных способов. На этапе реализации функциональная модель представлялась в виде поточной диаграммы. С помощью перестановки блоков, замены нескольких блоков одним, разделением одного блока на несколько, эквивалентным изменением связей между блоками и т. п. из функциональной модели получалось множество поточных диаграмм. Чтобы реализовать некоторые поточные диаграммы, проектировщику необходим был каталог элементов, из которого выбирались системные элементы, имеющие свойства, наиболее близкие к свойствам идеализированных элементов поточных диаграмм. В результате получалась блок-схема, соответствующая техническим условиям, сформулированным в техническом задании. Причем для создания системы было недостаточно какого-либо одного описания, требовалось сочетание блок-схемы, поточной диаграммы и функциональной модели. В процессе проектирования они постоянно корректировались и подгонялись друг к другу за счет возвращения на предыдущие стадии. Итогом становилось некоторое целостное описание системы, составляющие которого взаимно дополняли друг друга.

Разделение СД по объекту во многом зависело от способа представления сложной технической системы. Оно определялось не только объектными характеристиками, но и возможностями проектирования, изучения, изготовления этой системы. Это разделение использовалось для организации функционирования подсистем и объединения их в единую систему. При разделении СД в соответствии со структурой технической системы выделялись такие ее этапы: макропроектирование (внешнее проектирование), микропроектирование (внутреннее проектирование), проектирование окружающей среды, которое было связано с формулировкой целей системы; разбивка системы на подсистемы (т. е. разделение и распределение функций); проектирование подсистем; изучение их взаимодействия и интеграция системы.

2.3.7 ИТ-инженерия. Нынешнее столетие является эрой новых технологий. В этой связи техническая деятельность приобретает новые

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

качества. Можно говорить о стремительном развитии ИТ-инженерии, т. е. инженерии в среде информационных технологий (ИТ).

ИТ-инженерия и смежные с ней направления (программная инженерия) обладают рядом специфических особенностей. Эти направления посвящены систематическим, управляемым и эффективным методам создания высококачественного программного обеспечения (ПО) с его анализом и оценками, спецификации, проектированием и эволюцией. Кроме того, в сферу этих направлений попадают вопросы, связанные с управлением и качеством, новизной и творчеством, стандартами, индивидуальными навыками и командной работой, а также профессиональной деятельностью, которые играют жизненно важную роль в ИТ-инженерии.

Появилась программная инженерия (Software Engineering) – наука о принципах и методологиях, применяемых при разработке и сопровождении программных систем. Она изучает применение систематического, упорядоченного и исчисляемого подхода к разработке, эксплуатации и сопровождению ПО, применение принципов инженерии по отношению к процессу разработки ПО (IEEE Std 610.12–1990, IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology).

Программная инженерия – это наука о систематизированных, регламентированных и квантифицируемых методах решения задач разработки, эксплуатации, сопровождения и утилизации ПО в соответствии с заданными техническо-экономическими и социальными требованиям. Поскольку создание высококачественного ПО – очень трудоемкий процесс, то здесь должны быть задействованы необходимые для разработки процессы, инструментарии, технологии и интеллектуальные ресурсы. В связи с этим возникла острая необходимость в специалистах, владеющих новыми технологиями и методами управления комплексными, сложными проектами разработки больших программных систем.

ИТ и новые технологии – мощный локомотив экономического прогресса во всем мире. Важнейшей составляющей ИТ, в которой сконцентрированы их интеллектуальные ресурсы, является программное обеспечение информационных систем. Благодаря своим передовым качествам индустрия ИТ-программирования, как никакая другая, оказалась в центре глобализации мировой экономики. По данным исследования всемирной организации Business Software Alliance (BSA), мировая ИТ-индустрия, в которой работает более 1,2 млн. предприятий, вносит в мировую экономику свыше 1,8 трлн. долларов.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Программные системы ныне присутствуют повсеместно: практически любые электронные устройства содержат ПО того или иного вида. Без соответствующего ПО в современном мире невозможно представить индустриальное производство, системы образования и здравоохранения, финансовые и правительственные учреждения. В таких системах стоимость ПО порой составляет большую часть общей стоимости продукта. Более того, стоимостные показатели отраслей, занимающихся производством ПО, становятся определяющими для экономики – как национальной, так и международной.

Специалисты по программной инженерии весьма востребованы. Отечественной экономике требуются квалифицированные кадры, способные эффективно участвовать в индустриальной реализации процессов разработки, эксплуатации и сопровождения программного обеспечения в качестве аналитиков, консультантов, интеграторов, спецификаторов, архитекторов, проектировщиков, менеджеров, разработчиков, тестеров, документаторов, инженеров по качеству и по безопасности ПО и т. д.

Создаются специализированные НИИ, которые готовят высококлассных специалистов в области информационных технологий. Основные задачи таких НИИ: проведение фундаментальных и прикладных исследований в области программной инженерии и информатики; участие в распространении знаний и внедрении наиболее эффективных методов и технологий программирования в промышленном сообществе; выполнение промышленных проектов по разработке наукоемкого программного обеспечения. Основные направления исследований ИТ-НИИ: алгоритмические основы информатики, высокоскоростные вычисления; программная инженерия; разработка баз данных и знаний; информационная безопасность программного обеспечения; управление разработкой программного обеспечения; системы реального времени; CASE-технологии; технологии компиляции; возвратное проектирование и реинжиниринг; проблемы синхронизации и управления и др.

Для повышения качества и количества подготавливаемых ИТ-специалистов разрабатываются специальные профессиональные стандарты при поддержке ведущих компаний ИТ-отрасли, например, «АйТи», IBM, IBS, Intel, Microsoft, «Прогноз», R-Style, «Техносерв А/С», «Яндекс» и др. с участием представителей организаций отраслей народного хозяйства, в которых работают ИТ-специалисты.

Внедрение ИТ способствует росту производительности труда, что стимулирует инновационное развитие экономики в целом. Не секрет, что отечественные предприятия пока недоавтоматизированы не только по

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отношению к конкурентам из развитых стран, но даже по отношению к среднемировому уровню (включая слаборазвитые и развивающиеся страны). В этой связи подготовка специалистов в области ИТ должна стать одним из приоритетов белорусской и российской систем образования на ближайшие годы.

Проблемы формирования национальной информационной инфраструктуры, проектирования и внедрения информационных систем на основе обеспечения переносимости, взаимосвязи и масштабируемости приложений и данных, создания условий для интеграции вычислительных, информационных и телекоммуникационных ресурсов требуют развития и совершенствования нормативной базы, использования общедоступных и общепризнанных стандартов на средства ИТ, все программные и аппаратные интерфейсы между компонентами информационных систем и сетей.

Анализ ИТ-инженерии и деятельности в сфере ИТ показывает, что это явление включает в себя различные виды новейших инженерных разработок и передовых научных исследований. Этот вид инженерной деятельности тесно связан с отраслевыми и академическими институтами; сюда широко привлекаются специалисты из самых различных областей науки и техники. В этой связи координация всех аспектов ИТ-инженерии является комплексной научной, инженерной и организационной задачей.

Деятельность в сфере ИТ-инженерии осуществляется различными группами специалистов, занимающихся разработкой отдельных систем, электронных блоков, алгоритмов и т. д. Перспективно создание «парков высоких технологий» (технопарков), где сосредотачиваются «мозговые центры» и рабочие группы специалистов в области ИТ. В каждой области ИТ занимается определенная группа ИТ-инженеров. Нередко в сферу деятельности ИТ привлекаются специалисты, инженеры, ученые отдельных институтов и университетов. Эти специалисты связаны между собой благодаря существующим формам разделения труда, общим целям и т. д. Для реализации ИТ-деятельности также требуется группа особых специалистов, своего рода универсалистов – по аналогии со спецификой схемотехнической деятельности. Такие специалисты осуществляют координацию работы и научно-техническое руководство.

Еще недавно белорусские и российские вузы специально не готовили ИТ-инженеров, хотя в отдельных из них студенты изучают дисциплины наподобие таких, как «Информационные технологии» и «Информационные системы», причем часто делается это в русле физико-математических наук.

Настало время создания целостной концепции образовательного направления «ИТ-инженерия», которое бы учитывало не только

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

технологическую, но и экономическую, организационную, менеджериальную, маркетинговую и правовую составляющие. Важной задачей является подготовка высококвалифицированных инженеров и магистров, получающих комплексные знания в области программной инженерии, экономики, менеджмента, права и информационно-коммуникационных технологий, владеющих теоретическими основами и практическими навыками разработки конкурентоспособных программных систем, управлением программными проектами в различных областях индустрии. Подготовка таких специалистов особенно важна в свете обеспечения кадрами перспективных целевых программ и программ развития ИТ-технопарков.

2.4 Интуиция как вид иррационального в науке

В научной деятельности особое место занимает интуиция ученого, которая опирается на личное и коллективное бессознательное, а также различные формы неявного знания. Являясь иррациональным началом, интуиция лежит в основе творческого движения разума, который выдвигает новые идеи или мгновенно «схватывает» истину не в результате следования законам логического вывода из существующего знания, а на интуитивном уровне, лишь затем поверяя результаты логикой. В отличие от рационального рассудка, следующего установленным правилам и нормам, разум способен разрешать проблемы особым путем, ломая старую логику и создавая новую. На этом пути, преодолевая догматизм и формализм рассудка, разум проходит этапы движения от существующего рационального через иррационально-интуитивное к новому рациональному. Как специфический познавательный процесс, интуиция синтезирует чувственно-наглядное и абстрактно-понятийное, в результате, по выражению И. Канта, «воображение доставляет понятию образ».

Интуиция имеет противоречивую природу: внезапность озарения, неожиданность догадки предполагают предварительную сознательную работу и волевые усилия по накоплению информации, служащей основой «озарения». Внезапное «усмотрение истины» предполагает, как заметил А. Пуанкаре, предварительный «инкубационный» период подсознательной деятельности, во время которой происходит вызревание новой идеи.

В процессе интуиции, свободного от строгой дисциплины мышления, формируется множество различных комбинаций идей, образов и понятий, отбор которых происходит неявно, на основе целевой установки мышления исследователя и в результате какого-либо внешнего толчка, далекого от обстоятельств исследования. Путь, который приводит к догадке (озарению), остается неосознанным, скрытым от исследователя; в сферу сознания неожиданно приходит готовый результат, и проследить,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

как он был получен, невозможно. При попытке сделать это полученный «сплав» понятия и образа раскладывается на отдельные представления, перестает быть цельным. Поиск методов изучения и описания механизма интуиции продолжается. В науке под интуитивными часто понимают такие понятия, положения, которые не имеют четкого определения и доказательства, многозначны, допускают различные толкования, часто опираются не на логические основания, а на выводы здравого смысла.

Вера в «самоочевидность» исходных положений, часто выражаемая в словах «очевидно», «легко видеть, что», «отсюда следует», может прикрывать неосознаваемую ошибку, вводить в заблуждение. Самоочевидность как психологическая достоверность не может служить критерием истины, так как часто опирается на привычные представления, за которыми многие значимые отношения и свойства оказываются невидимыми. Любое исследование в науках, особенно технических, предполагает выявление таких скрытых ошибок и достижения «различного класса точности». Причем сложно выявить все интуитивные моменты и исключить их, полностью определив и формализовав все знание. Интуиция заменяет еще не сформировавшееся знание, служит своего рода ориентиром, «предчувствующим» возможные пути исследования, хотя и не имеющим доказательной силы. Таким образом, иррациональные элементы познавательной деятельности, так богато и разнообразно представленные различными видами бессознательного, неявного, интуитивного, существенно дополняют и обогащают рациональную природу научного познания. Создавая трудности для построения точного знания, они одновременно включают в познание активное творческое начало и личностные возможности самого исследователя.

В целом современное понимание рациональности признает следующие главные принципы: критический анализ как познавательных, так и ценностных предпосылок, возможности выхода за их пределы (открытая рациональность); диалогизм, признание правомерности других позиций; единство рациональных и внерациональных форм в науке и культуре; доверие познающему субъекту, поступающему свободно и ответственно, критически переосмысливающему результаты своего познания и отношения к миру.

2.5 Научный язык

Особым, всепроникающим и фундаментальным компонентом научного знания является язык. Реализуя мыслеоформляющую и коммуникативную функции, естественный и искусственный языки выступают предпосылкой становления и функционирования научного знания. Ввиду социальности своей сущности и генезиса язык в

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

опосредованной, часто неявной, форме осуществляет социальную детерминацию всей научно-познавательной деятельности, а также формы и содержания самого знания. Язык, опосредуя отношение субъекта к предметному миру, проявляет себя в этом качестве как особая, фундаментальная основа общения, а также, по мнению крупнейшего немецкого лингвиста XIX в. В. Гумбольдта, как выражение специфического «языкового мировидения». В этом качестве естественный язык осуществляет первичные общие акты категоризации и интерпретации, в результате чего субъект включается в единый социально-исторический процесс познания. Этот фундаментальный и не лежащий в аспекте сознания процесс не сводится к усвоению терминологии, а предполагает также освоение культурно-исторического текста (и подтекста) языка, подкрепляемого опытом жизнедеятельности самой личности. Через систему языка субъект подключается к опыту определенного языкового коллектива, к социальной памяти общества в целом. Это происходит не только и не столько в форме овладения словарем, синтаксисом и грамматикой, сколько именно через неосознаваемое приобщение к фонду культурно-исторического бытия, который становится неявным знанием каждого индивида. В. Гумбольдт полагал, что «язык – это мир, лежащий между миром внешних явлений и внутренним миром человека»; что он отображает не столько свойства внеязыкового мира, сколько способ, каким дан этот мир человеку, отношения человека к миру.

В настоящее время, в эру новейших и высоких технологий, язык приобретает новые качества. Так, например, организация пользовательских интерфейсов при создании автоматизированных и интеллектуальных систем управления либо диагностирования для технических объектов предполагает разработку соответствующего лингвистического обеспечения для них. Лингвистическое обеспечение таких систем представляет совокупность языковых и знаковых средств, используемых как на этапе их создания, так и на этапе эксплуатации.

Язык в общем смысле – это система знаков любой физической природы, выполняющая познавательную и коммуникативную функции в процессе человеческой деятельности. Система знаков языка отражает понятия и концепты. Язык – форма существования знания в виде системы знаков, причем не просто система знаков, а система взаимно интерпретирующих друг друга знаков, существующих в нем, поскольку они интерпретированы в других знаках. Языки могут быть вербальными и такими, которые основаны на графических формах представления знаков. Результаты семиотического анализа подобных языков могут послужить не

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

только полезным источником идей и аналогий, но и источником при разработке языков систем визуализации программного обеспечения.

Важный момент: научный язык существенно и значительно отличается от обыденного языка, который используется людьми в повседневной жизни.

2.5.1 Необходимость в специализированный научном языке. В научном познании существенно возрастает роль языка, принимаемого для фиксации идей и правил оперирования с ними. Существуют главные методологические проблемы языка науки: необходимость точных средств выражения (исторически в этой роли выступала латынь) и задача преодоления нестрогости, многозначности «живого», естественного языка, являющегося источником научной терминологии.

Почему существует необходимость в специальном языке науки и почему естественный язык порождает ненужные проблемы и противоречия? Рассмотрим особенности естественного языка. В силу богатства значений, множества метафор, сравнений, идиом и других средств иносказания, некоторой неоднозначности, передачи явных и неявных смыслов он предстает как универсальное средство хранения и передачи знаний, а также мыслеоформления и общения, применимое для любого вида деятельности. Но именно эта универсальность создает трудности использования его в научных текстах, а его достоинства оборачиваются недостатками.

Среди них – многозначность, т. е. способность слов употребляться в разных значениях. Многозначны не только назывные, но и служебные слова. Так, для слова «есть» в логике выявлено пять значений: существования, вхождения в класс, принадлежности свойства предмету, тождества, равенства.

Другая особенность естественного языка – сложность и неоднозначность грамматики, в частности множество исключений из правил и большое разнообразие самих правил. Определенное «неудобство» представляет громоздкость его конструкций, что хорошо видно при сравнении, например, словесного описания и формульного выражения алгебраической или химической закономерности. Следует отметить еще одну особенность, на которую не всегда обращают внимание, что может привести к парадоксу. В естественном языке, как правило, не различают смысловых, т. е. семантических, уровней языка, тогда как во избежание противоречий и парадоксов следует различать язык, на котором говорят об объектах (объектный язык), и язык, на котором говорят о самом языке или о теории этого объекта (метаязык). Из

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

факта смешения объектного языка и метаязыка следуют парадоксы типа известного еще с VI в. до н. э. парадокса: «Критянин Эпименид сказал, что все критяне лжецы», из чего следует противоречащее утверждение: «Неверно, что все критяне лжецы, ибо Эпименид – критянин, следовательно, он лжет, а значит, положение, им высказанное, ложно». Но что интересно, подобные противоречия позже были обнаружены в математике в основаниях теории множеств.

Все эти особенности вызывают необходимость создания специального языка на базе естественного, но с иными свойствами, когда обычные слова наряду с другими знаками включаются в сознательно созданные знаковые системы для обозначения специального знания. Один из важнейших путей становления научного языка – создание терминологических систем, являющихся разновидностью национального литературного языка.

Естественный язык поставляет для терминологических систем их элементы. Слово общего языка, выполняя особую функцию – быть обозначением (знаком) данного понятия в некоторой системе понятий, превращается в термин. Цель – добиться соответствия: одно слово – одно понятие, одно понятие – один знак (слово). Происходит своего рода симбиоз кодовых свойств создающейся терминологической системы и общеязыковых свойств составляющих ее знаков – слов. Из лексической системы естественного языка постоянно идут импульсы, разрушающие чистоту терминологических отношений и препятствующие установлению однозначного соответствия системы терминов и системы понятий. Замечено, что в истории терминов и терминологий отражаются различные социальные обстоятельства: смена научных воззрений, интеграция и дифференциация научных дисциплин, культурные связи, степень и особенности развития языка, состояние лексической и стилистической систем.

Концептуальная точность понятия достигается тем, что термин как бы «очищается» от старых значений и полностью задается семантическим полем данной конкретной теоретической системы, что повышает его познавательную ценность. Приближение к достоверности и точности знания объективных законов возможно лишь в том случае, если эта проблема решается не только на концептуальном (понятийном), но и на операциональном уровне, что предполагает совершенствование средств измерения и методов эксперимента. Одна из трудностей, возникающих при построении системы научной терминологии, – это определение термина. Разумеется, в большинстве случаев это удается, но не всегда, поскольку может возникнуть ситуация, когда четко определить границы «смыслового поля» термина практически невозможно.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Пример такой ситуации приводит математик В.В.Налимов в связи с термином «документ», который можно определить следующим образом: «Документом называется любой материальный носитель, на котором закреплена некоторая информация, выраженная на любом языке». Такое определение совпадает с нашим интуитивным представлением, но очень скоро обнаруживается, что, в принципе, любой предмет, на котором что-либо написано, превращается в документ, хотя это уже не соответствует нашим представлениям о том, что есть документ. Чтобы уточнить, приходится вводить новые признаки, но тогда теряется всеобщность термина, хотя в других случаях введение или исключение каких-то признаков помогает уточнению. В таких случаях мы часто ограничиваемся интуитивными представлениями, не вводя строгих определений [69].

Существенным моментом языка науки является связь его терминов с теорией, причем даже смысл известных общенаучных понятий может существенно варьироваться из-за контекста, меняющегося исторически, в зависимости от концепции автора или самой научной дисциплины. Еще Аристотель отмечал, что особенность употребления «общего понятия» должна быть зафиксирована и выражена явно. Это требование не столь уж тривиально, как может сразу показаться. Так, если воспользоваться примером Аристотеля, который в качестве общего рассматривает понятие «равное», казалось бы, интуитивно ясное всем, то можно обнаружить, что, например, в геометрии потребовалось указать, когда два геометрических объекта будут считаться равными. В частности, идущие от Евдокса аксиомы, определяющие отношения равенства и неравенства, включают и аксиому, которую Евклид в «Началах» формулирует следующим образом: «и совмещающиеся друг с другом равны между собой». Тем самым выявляется специфика геометрического равенства.

Анализ содержания, смысла и значения термина в данном контексте – методологическое требование к любому исследователю. Разумеется, при этом следует учитывать зависимость языка и способов введения терминов от характера самого научного знания.

2.5.2 Приемы живой речи и возможности формализации в языке технических. На современном этапе развития науки просматривается одна парадоксальная особенность: наряду со стремлением «преодолеть» те или иные свойства естественного языка в науке для создания терминов и новых понятий довольно часто сознательно используются конкретные стилистические формы и приемы живой речи.

Особенно велика в языке науки роль метафор. Причем этот процесс распространяется не только на социально-гуманитарные науки, а и на естествознание, математические и технические науки. Так, исследователи рассматривают один из основных терминов физики – «сила», который,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

возникнув из представления о человеческой силе еще в древней философии, прошел через труды Кеплера и Ньютона до современной физики, ни разу не получив строгого определения, оставаясь все время на уровне метафоры. В математике используются такие метафоры, как фильтр, сортировка, стиснутые корни, выбивание корней многочленов; метафорическое происхождение имеет и такой термин, как множество.

В технической сфере к метафоре добавляются так называемые жаргонные термины и понятия, которые довольно устойчиво укоренились в повседневной жизни и в среде технической науки. Типичный пример: укоренившееся использование понятия «педаль газа».

В связи с бурным развитием Интернета у многих исследователей и ученых, особенно молодых, возникает соблазн использовать материал из электронных источников информации. Последние, к сожалению, лишены объективных средств рецензирования опытными учеными, поэтому зачастую подобные материалы изобилуют обыденной и жаргонной терминологией и нередко способствуют значительному искажению истины. В этой связи необходимо проявлять особую осторожность при работе с электронными источниками.

Метафора, в отличие от жаргонных терминов, является вполне допустимым приемом в науке.

Для чего же используется метафора в языке науки? Отметим несколько наиболее важных моментов. Метафора, как известно, предполагает использование слова или выражения не по прямому назначению, вследствие чего случается преобразование его смысловой структуры, возникают комплексы ассоциаций, представлений, новое понимание традиционных терминов и понятий. Метафорическое использование языковых конструкций позволяет мысленно разорвать жесткую связь конкретного свойства и конкретного объекта, считать данное свойство общим для разнотипных объектов, на этой основе строить более широкие классы, объединять разнородные объекты в единую систему, отвлеченное свойство рассматривать в качестве заместителя самого реального объекта и т. п. Метафора используется и там, где описываются недоступные для непосредственного наблюдения объекты либо гипотетические объекты, не включенные в эмпирические исследования. Так, в частности, возникают понятия типа «шарм», «очарование» элементарных частиц, «цветность» кварков и т. п. В целом исследователи этих проблем приходят к выводу, что без создания метафорических контекстов, введения терминов-метафор невозможно получить новое знание, включить его в систему существующих представлений и обеспечить понимание. Вместе с тем без вытеснения ненужных метафорических смыслов из области научного исследования и из самого языка науки нельзя получить точное знание.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Роль метафоры приобретает особую значимость при развитии новых информационных технологий, ЭВМ и искусственного интеллекта, т.е. тех прикладных сфер технической науки, которые непосредственно связаны с человеческой психикой, сознанием, логикой и т.д.

В том случае, когда на первый план выдвигаются задачи получения точного языка и знания, создают специальные формализованные языки. Они характеризуются четким различением объектного языка и метаязыка, на котором описывается данный объектный язык; введением алфавита, т.е. списка исходных знаков и терминов; правил, определяющих значение этих знаков и терминов; правил построения из исходных терминов и выражений более сложных знаков и знаковых систем; правил перехода от одних знаковых систем к другим. Язык, построенный на основе специального алфавита и правил, не только достигает высокой степени точности, но является необходимым условием применения компьютера. Таким образом, в целом научный язык стремится к относительно жесткой связи между знаком и значением, четкому определению правил описания и объяснения, а само мышление предполагает строго заданную систему логического анализа и синтеза на основании специальной теории.

2.6 Традиции и новации в научно-техническом развитии

К понятию «знание» мы все настолько привыкли, что очень редко задаем себе знаменитый фаустовский вопрос: что значит знать? А между тем, привычка – это вовсе не знание. Скорей даже наоборот, ибо, как отмечал И. С. Тургенев: «Ничего мы не знаем так мало, как именно то, что у нас беспрестанно перед глазами». В значительной степени это относится и к самому знанию. Вместе с тем знание, прежде всего – это некоторое особое устройство и механизм социальной памяти. Как же выглядит динамика науки в свете представлений о знании? Если ученый работает в традициях, если он запрограммирован, то как возникает новое? Ответ на этот вопрос надо искать прежде всего в многообразии традиций, в возможности их взаимодействия. Здесь полезно уточнить, что именно мы понимаем под новациями в развитии науки, каков их характер, какие можно выделить типы новации и как эти типы связаны друг с другом.

Наука – это очень сложное и многослойное образование, постоянно претерпевающее множество всевозможных изменений. Наука имеет ряд социально-организационных аспектов, занимая определенное положение в обществе. Причем организация академий или научных институтов – это тоже новации, но в рамках других подходов к исследованию научного познания. В философии науки знание рассматривается с точки зрения его строения, способов его получения и организации.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

К новациям в науке следует отнести и создание новых теорий, и возникновение новых научных дисциплин. Иногда эти два процесса почти совпадают, как в случае квантовой механики, но существует немало областей знания, которые не имеют своих собственных теорий. Новации могут состоять в построении новой классификации или периодизации, в постановке новых проблем и указании путей их решения, в разработке новых экспериментальных методов исследования, выявлении новых связей и закономерностей развития процессов и явлений. Очень часто, говоря о новациях, имеют в виду обнаружение новых явлений, но в этот класс с равным правом входят как сенсационные важнейшие открытия типа открытия высокотемпературной сверхпроводимости, так и достаточно рядовые описания новых эффективных методов.

К числу новаций следует причислить также введение новых понятий и новых терминов. Причем последний момент нельзя недооценивать. Нередко именно новый термин закрепляет в сознании научного сообщества принципиальную новизну тех явлений, которые до этого просто описывались, но не получали специальных обозначений.

Новации представляют несколькими группами в зависимости от вида наукообразующих программ, с которыми новации связаны. Говорят, например, об изменении исследовательских программ, включая сюда создание новых методов и средств исследования, об изменении программ коллекторских, т. е. о постановке новых вопросов, открытии или выделении новых явлений, появлении новых способов систематизации знания. Существует и немалая часть новаций, образующих повседневность науки. Эти новации осуществляются в рамках существующих программ, ничего в них не меняя по существу, это, в частности, повседневное накопление знаний. При этом из таких повседневных актов и складывается развитие науки, включая и изменение научных программ.

Новации относительны к последующему развитию науки. Научные новации проявляются как давно свершившийся акт, т. е. они осознаются тогда, когда происходит исторический поиск истоков современных идей. Можно ли считать новацией описание интеллектуальных систем до того, как был введен соответствующий термин? Ведь научное сообщество не реагировало на это как на нечто новое. Но, когда термин введен и принят, понятно, что идеи были уже высказаны до этого, что они были новыми и значимыми.

Рассматривают два типа новаций. Первый связан с развитием исследовательских (появление новых методов), второй – коллекторских (открытие новых объектов исследования) программ [104]. Оба типа новаций могут приводить к существенным сдвигам в развитии науки. Факты свидетельствуют, что эти новации тесно связаны друг с другом, что иллюстрирует и связь исследовательских и коллекторских программ. Новые методы, как отмечают сами ученые, часто приводят к далеко идущим последствиям – и к смене проблем, и к смене стандартов научной работы, и к появлению новых областей знания. Примеры: появление электронного микроскопа, оптического телескопа и радиотелескопа и т. д.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Причем рассматривать нужно и методы наблюдения или эксперимента, и весь арсенал методических средств. Не меньшее значение, например, могут иметь методы обработки и систематизации эмпирических данных – вспомним хотя бы роль статистических методов в различного рода исследованиях. Огромное стимулирующее значение имеет и развитие чисто теоретических методов, например, перевод естествознания на язык математического анализа. Полезно вспомнить здесь не только труды Ньютона, но и научное наследие Эйлера, Лагранжа, Гамильтона и др. Вообще проникновение математических методов в новые области науки всегда приводит к их существенной перестройке, к изменению стандартов работы, характера проблем и самого стиля мышления.

Перейдем теперь к фактам другого типа. Обычно при характеристике той или иной науки прежде всего интересуются тем, что именно она изучает. Это не случайно. Выделение границ изучаемой области, задание объекта исследования – это достаточно существенный наукообразующий параметр. Возникновение новых дисциплин очень часто связано как раз с обнаружением каких-то ранее неизвестных аспектов действительности. Это – тоже значительные научные сдвиги, которые связаны с открытием новых объектов исследования. Перед исследователем в силу тех или иных обстоятельств открывается новая область непознанного, мир новых объектов и явлений, у которых нет еще даже имени. Далее в ход идет весь арсенал уже имеющихся средств, методов, теоретических представлений, исследовательских программ. Новой является сама область познания.

Открытие новых объектов исследования и определение их границ – это не одноактное событие. Понимание того, что в поле зрения появились не отдельные интересные явления, а именно новые физические и биологические миры, занимает иногда целые годы. Еще Т. Кун отмечал, что научные революции, а значит, и новые открытия и кардинальные прорывы в науке, растянуты во времени.

Так, еще относительно недавно наномиры и нанотехнологии существовали только теоретически, говоря метафорически, «в головах ученых», а сейчас это – перспективная наукоемкая отрасль народного хозяйства и широкая сфера научных исследований и изысканий. Подобная тенденция ожидает и развитие технологий искусственного интеллекта, создание на их основе принципиально новых технических решений и объектов, обладающих совершенно новыми свойствами.

Совершенно очевидно, что поступательное развитие науки, процессы непрерывного накопления и осмысления научного знания в будущем опять приведут к новациям, порождению новых объектов исследования.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Нелегко найти способ объяснения того, что мы предлагаем. Ибо то, что ново в себе, будет понято только по аналогии со старым (Ф. Бэкон, XVI в.)

Если мы действительно что-то знаем, то мы знаем это благодаря изучению математики (Гассенди, XVI в.)

3 Уровни исследования и методы научного познания. Технологии моделирования и проектирования технических объектов

3.1 Категории научного знания и познания

Знание – идеальное воспроизведение в языковой форме обобщенных представлений о закономерных связях объективного мира. Функциями знания являются обобщение разрозненных представлений о физических закономерностях; хранение и накопление всего того, что может быть передано в качестве устойчивой основы практических действий.

Знание в общем смысле является результатом определенной общественной деятельности людей, преимущественно направленной на преобразование действительности. Процесс движения человеческой мысли от незнания к знанию называют познанием, в основе которого заложено отражение объективной действительности в сознании субъекта в процессе его производственной и научной деятельности, именуемой практикой. Потребности практики выступают движущей силой развития познания. Человек познает физические закономерности и характеристики объектов, чтобы использовать их в своих целях.

Познание развивается из практики, но затем само направляется на практическое овладение действительностью. От практики к теории и от теории к практике, от действия к мысли и от мысли к действию – такова общая закономерность отношений человека в окружающей действительности. Практика является началом, исходным пунктом и одновременно естественным завершением всякого процесса познания. Завершение познания всегда относительно, так как в процессе познания всегда возникают новые проблемы и новые задачи, которые были подготовлены и поставлены предшествующим развитием научной мысли. Решая эти задачи и проблемы, наука должна опережать практику,

Библиотека университета

осуществлять своего рода прогнозирование и таким образом сознательно направлять ее развитие.

Диалектика процесса познания выражается в противоречии между ограниченностью наших знаний и безграничной сложностью объективной действительности, между субъективной формой и объективным содержанием человеческого познания, в необходимости борьбы мнений, позволяющей путем логических доводов и практической проверки устанавливать истину.

Вся наука, все человеческое познание направлены к достижению истинных знаний, адекватно отражающих действительность. Только истинное научное знание позволяет прогнозировать дальнейшее развитие объектов, элементов системы.

В противоположность истинному знанию заблуждение представляет собой неверное, иллюзорное отражение физической сущности объекта.

Истинные знания существуют в виде общих законов науки, теоретических положений и выводов, учений, подтвержденных практикой и существующих объективно, независимо от трудов и открытий ученых. Поэтому истинное научное знание объективно. Вместе с тем научное знание может быть относительным и абсолютным. *Относительное знание*, будучи в основном верным отражением действительности, отличается некоторой неполнотой совпадения образа с объектом. *Абсолютное знание* – это полное, исчерпывающее воспроизведение обобщенных представлений об объекте, обеспечивающее абсолютное совпадение образа с объектом. Абсолютное знание не может быть опровергнуто или изменено в будущем.

Непрерывное развитие практики исключает возможность превращения знания в абсолютное, но абсолютность практики позволяет отличать объективно истинные знания от заблуждений.

Единственно научным критерием знаний о действительности является практика. При этом предполагается не единичная деятельность отдельного субъекта, а массовая деятельность по реализации накопленного учеными знаний и опыта.

Познание включает в себя два уровня: чувственный и рациональный. Чувственное познание формирует эмпирическое знание, а рациональное – теоретическое.

Первый уровень обеспечивает непосредственную связь человека с окружающей действительностью. Элементами чувственного познания являются ощущение, восприятие, представление и воображение.

Ощущение – отражения мозгом субъекта свойств предметов или явлений объективного мира, действующих на его органы чувств. *Восприятие* – отражения предметов или явлений в целом, действующих на

Университета

органы чувств в данный момент времени. Восприятие – первичный чувственный образ объекта или явления. *Представление* – вторичный образ предмета или явления, которые в данный момент времени не действуют на органы чувств человека, но действовали в прошлом. Представления – образы, которые восстанавливаются в памяти на основе сохранившихся прошлых воздействий. *Воображение* – это соединение и преобразование различных представлений в целостную картину новых образов.

Рациональное познание дополняет и опережает чувственное, способствует осознанию сущности процессов, вскрывает закономерности развития. Формой рационального познания является абстрактное мышление.

Мышление – это опосредованное и обобщенное отражение в мозгу человека существенных свойств, причинных отношений и закономерных связей между объектами или явлениями. Опосредованный характер мышления заключается в возможности через доступные органам чувств свойства, связи и отношения объектов проникнуть в скрытые свойства, связи, отношения; человек познает действительность не только в результате личного опыта, но и косвенным путем, усваивая знания в процессе коллективного общения. Мышление неразрывно связано с языком, и не может осуществляться вне его. Основной инструмент мышления – логически обоснованные рассуждения человека, структурными элементами которых и формами логического отражения действительности являются понятия, суждения, умозаключения.

Понятие – это мысль, отражающая существенные и необходимые признаки объекта (явления). Понятия могут быть общими, единичными, собирательными, абстрактными и конкретными, абсолютными и относительными. *Общие* понятия связаны не с одним, а с множеством объектов. Наиболее широкие понятия – это категории; к ним относят некоторые философские понятия (о форме и содержании явлений), экономические (товар, стоимость) и т. д.

Единичные понятия относятся всегда только к одному определенному объекту. Под *собирательными* подразумеваются понятия, обозначающие целые группы однородных объектов, представляющих собой известное единство, законченную совокупность (парк машин, транспортный поток и т. п.).

Понятия *конкретные* относятся к конкретным объектам, а *абстрактные* понятия – к отдельно взятым признакам этих объектов, например «грузовые автомобили». Особенностью *относительных* понятий является то, что они мыслятся попарно, например: «правый» и «левый», «большой» и «малый». *Абсолютными* называют такие понятия, которые не

Университета

имеют парных отношений, например «машина», «механизм», «металл».

По признаку отношений между понятиями их делят на тождественные, равнозначные, подчиненные, соподчиненные, частично согласные, противоречащие и противоположные. *Тождественными* называют такие понятия, которые имеют одинаковое содержание. Это одни и те же понятия, только выраженные в различной словесной форме. *Равнозначные* понятия имеют один и тот же объем, но отличаются по содержанию. Так, например, понятия «автор теории нечетких множеств» и «основатель нечеткой логики» хотя и относятся к одному лицу, но указывают на различные его признаки. Понятия характеризуются их объемом и содержанием. Объем понятия – это сфера тех предметов, на которые данное понятие распространено. Содержанием называют совокупность признаков, которые объединены в данном понятии. Отношения тождества и равнозначности понятий имеют чрезвычайно важное значение в науке, так как делают возможным замещение одного понятия другим. Этой операцией широко пользуются в математике при преобразовании и упрощении алгебраических соотношений. *Подчиненными* называют понятия, которые по содержанию входят в понятия более высокого ранга или более общие. *Соподчиненными* являются понятия, связанные по объему (объем двух или более понятий входит в объем какого-либо высшего понятия). Например, понятия «многоугольник» и «окружность» являются подчиненными понятию «геометрическая фигура» и соподчиненными между собой. Если отдельные части объема понятий оказываются совпадающими, общими, то их называют частично согласными. В подобном отношении находятся, например, такие понятия, как «студент» и «спортсмен». Понятие, которое отрицает положительное понятие, называют *противоречащим.* Например, понятие «немашина» отрицает положительное понятие «машина». Противоречащие понятия не допускают ничего промежуточного; одно понятие полностью исключает другое. Если понятие указывает не только на то, что отрицает, но и на то, что взамен отрицаемого утверждается, то такое понятие называют *противоположным.* У противоположных понятий имеются средние и промежуточные понятия. Так, между понятиями «белый» и «черный» мыслимо понятие «серый» или какие-то оттенки подобных цветов.

Для описания процесса формирования новых сложных понятий из более простых используется способ вывода сложных соотношений из элементарных. Формализация процесса часто осуществляется на языке теории множеств.

Раскрытие содержания понятия называют его определением. Последнее должно отвечать двум важнейшим признакам: 1) определение

Университета

должно указывать на ближайшее родовое понятие; 2) определение должно указывать на то, чем данное понятие отличается от других понятий. Так, определяя понятие «квадрат», нужно указать на то, что квадрат относится к роду прямоугольников и выделяется среди прямоугольников признаком равенства своих сторон. Определение понятия не должно быть ни слишком широким, ни слишком узким, т. е. соразмерным и не должно определяться самим собой.

Развитие научных знаний заставляет уточнять определение понятий, вносить новые признаки в его содержание. При этом понятие обобщается или ограничивается. В научном исследовании определения обычно завершают процесс исследования, закрепляют те результаты, к которым ученый пришел в своем исследовании. Без определения понятий возможно ложное толкование мыслей автора исследования. Определение понятия оказывается возможным в том случае, когда неизвестно, к какому роду оно относится и какие у него видовые признаки. Установление видовых признаков осуществляется при помощи деления понятия. *Делением понятия* называется раскрытие всех видов, входящих в состав данного понятия. Если определение имеет дело с содержанием изучаемого понятия, то деление – с объемом понятия. Деление подчиняется следующим правилам: 1) элементы деления должны исчерпывать объем делимого понятия; 2) деление должно производиться с точки зрения одного определенного основания; 3) элементы деления должны исключать друг друга. Основанием деления называется тот признак, который является общим всем видам, входящим в объем данного понятия. Особым видом деления понятий является дихотомия, или двучленное деление, при котором членами деления бывают только два понятия, из которых одно является противоречащим в отношении другого.

Суждение – это мысль, в которой посредством связи понятий утверждается или отрицается что-либо. Вербально суждение выражается в виде предложения. Суждение – это сопоставление понятий, устанавливающих объективную связь между мыслимыми предметами и их признаками или между предметом и классом предметов. Суждения делятся по следующим признакам: качеству, количеству, отношению, модальности. В свою очередь, по качеству суждения делятся на утвердительные и отрицательные, по количеству – на общие, частные и единичные, по отношению – на категорические, условные и разделительные, по модальности – на проблематические, аподиктические и ассерторические. В *проблематических* суждениях наличие связи понятий отмечается лишь с известной степенью вероятности. В *аподиктических* суждениях указывается, что связь понятий является безусловно

Библиотека университета

необходимой. *Ассерторические* суждения указывают только на действительно существующую связь понятий. Соединение суждений по количеству и качеству приводит к четырем новым видам суждений: общеутвердительному, общеотрицательному, частноутвердительному и частноотрицательному. К суждению о предмете или явлении можно прийти или путем непосредственного наблюдения какого-либо факта, или опосредованным путем – с помощью умозаключения.

Умозаключение – процесс мышления, составляющий последовательность нескольких суждений, в результате которых выводится новое суждение. Часто умозаключение называют выводом, через который становится возможным переход от мышления к действию, практике. Причем не всякая последовательность суждений может быть названа умозаключением или выводом. В умозаключении связь двух суждений иногда обнаруживает подчинение, в силу которого одно (основание) обусловливает другое (следствие).

Умозаключения делятся на две категории: дедуктивные и индуктивные. *Дедуктивные* умозаключения представляют собой выведение частного случая из какого-нибудь общего положения. В *индуктивных* умозаключениях на основании частных случаев приходят к общему положению.

Умозаключения подразделяются также на непосредственные и опосредованные. В *непосредственных* умозаключениях от одного суждения приходят к другому. В *опосредованных* суждениях переход от одного суждения к другому осуществляется посредством третьего. Если в процессе умозаключения изменяется форма суждения, то говорят об ее превращении, например, утвердительное суждение становится отрицательным, и наоборот. При этом смысл и количество суждения сохраняются. Понятия, суждения и умозаключения выражаются в словесной форме.

В процессе научного исследования отмечают следующие этапы: возникновение идей; формирование понятий, суждений; выдвижение гипотез; обобщение научных факторов; доказательство правильности гипотез и суждений.

Научная идея – интуитивное объяснение явления без промежуточной аргументации, без осознания всей совокупности связей, на основании которой делается вывод. Она базируется на имеющемся знании, вскрывая ранее не замеченные закономерности. Свою специфическую материализацию идея находит в гипотезе.

Гипотеза – это предположение о причине, вызывающей данное следствие. Если гипотеза согласуется с наблюдаемыми фактами, то в науке

Библиотека университета

ее называют з*аконом* или *теорией.* В процессе познания каждая гипотеза подвергается проверке, в результате которой устанавливается, что следствия, вытекающие из гипотезы, действительно совпадают с наблюдаемыми явлениями, что данная гипотеза не противоречит никаким другим гипотезам, которые считаются уже доказанными. Для подтверждения правильности гипотезы необходимо убедиться не только в том, что она не противоречит действительности, но и в том, что она является единственно возможной и с ее помощью вся совокупность наблюдаемых явлений находит себе вполне достаточное объяснение. С накоплением новых фактов одна гипотеза может быть заменена другой лишь в том случае, если эти новые факты не могут быть объяснены старой гипотезой или ей противоречат. Часто старая гипотеза не отбрасывается целиком, а только исправляется и уточняется.

З а к о н – внутренняя существенная связь явлений, обусловливающая их необходимое закономерное развитие; он выражает определенную устойчивую связь между явлениями или свойствами материальных объектов. Закон предполагает логическое доказательство и практическую проверку, – только тогда он признается наукой. Для доказательства наука использует суждения, которые были ранее признаны истинными и из которых логически следует доказываемое суждение. В редких случаях в равной мере оказываются доказуемыми противоречивые суждения. В таких случаях говорят о возникновении парадокса в науке, что всегда свидетельствует о наличии ошибок в логике доказательства или несостоятельности исходных суждений в данной системе знаний.

П а р а д о к с в ш и р о к о м с м ы с л е – это утверждение, резко расходящееся с общепринятым, установившимся мнением, отрицание того, что представляется «безусловно правильным». П а р а д о к с в у з к о м с м ы с л е – это два противоположных утверждения, для каждого из которых имеются представляющиеся убедительными аргументы. Парадоксальность является характерной чертой современного научного познания мира. Наличие парадоксов становится свидетельством несостоятельности существующих теорий, требованием дальнейшего их совершенствования. Выявление и разрешение парадоксов стало в современной науке обычным делом. Основные пути их разрешения: устранение ошибок в логике доказательств; совершенствование исходных суждений в данной системе знаний. Для избежания ошибок логика доказательства должна быть подчинена законам формальной логики: тождества; противоречия; исключения третьего и закону достаточного основания.

В результате проработки и сопоставления с действительностью научная гипотеза может стать теорией.

Б ситета

Теория (от лат. *theoreo* – рассматриваю) – система обобщенного знания, объяснения тех или иных сторон действительности. Теория является мысленным отражением и воспроизведением реальной действительности. Она возникает в результате обобщения познавательной деятельности и практики. Это обобщенный опыт в сознании субъектов. Структуру теории формируют принципы, аксиомы, закономерности, суждения, положения, понятия, категории и факты. Под *принципом* в научной теории понимается самое абстрактное определение идеи (начальная форма систематизации знаний). Принцип – это правило, возникшее в результате субъективно осмысленного опыта людей. Исходные положения научной теории называются постулатами или аксиомами. *Аксиома* (постулат) – это положение, которое берется в качестве исходного, недоказуемого в данной теории, и из которого выводятся все остальные предложения и выводы теории по заранее фиксированным правилам. Аксиомы очевидны без доказательства. В современной логике и методологии науки постулат и аксиома обычно считаются эквивалентными. Теорию можно представить слагаемой из относительно жесткого ядра и его защитного пояса. В ядро входят основные принципы. Защитный пояс теории содержит вспомогательные гипотезы, конкретизирующие ядро. Он определяет проблемы, подлежащие дальнейшему исследованию, способствует предвидению фактов, не согласующихся с теорией, и истолкованию их посредством примеров, подтверждающих ее. Теория является наиболее развитой формой обобщенного научного познания. Она заключает в себе не только знания основных законов, но и объяснение фактов на их основе. Теория позволяет открывать новые законы и предсказывать будущее.

Движение мысли от незнания к знанию руководствуется методологией. Методология – философское учение о методах познания и преобразования действительности, применение принципов мировоззрения к процессу познания, духовному творчеству и практике. В методологии выявляются две взаимосвязанные функции: 1) обоснование правил применения мировоззрения к процессу познания объектов; 2) определение подхода к явлениям действительности. Первая функция общая, вторая – частная. Общая функция базируется на обобщении системы взглядов исследователя на объект в целом, на место отдельных явлений и на свою собственную точку зрения.

Процесс познания органически связан с материальными объектами, с их развитием. Только такой подход к изучению физических закономерностей объекта позволяет исследователю изучить его свойства во всех проявлениях, выявить причины изменения и развития конкретных процессов.

Университета

3.2 Понятие метода. Виды методов

Метод – это способ достижения цели, который объединяет субъективные и объективные аспекты познания. Объективность метода в том, что в разрабатываемой теории он позволяет отражать действительность и ее взаимосвязи. Метод служит программой построения и практического применения теории. Одновременно он субъективен, так как является средством мышления исследователя и в качестве такового включает в себя его субъективные особенности.

Метод сводится к совокупности определенных правил, приемов, способов, норм познания и действия. Это – система предписаний, принципов, требований, которые ориентируют субъекта в решении конкретной задачи, достижении определенного результата в данной сфере деятельности. Метод дисциплинирует поиск истины, позволяет экономить ресурсы труда и время, двигаться к цели кратчайшим путем. Методы разделяют на: всеобщие, действующие во всех областях науки и на всех этапах исследования; общенаучные (для всех наук); частные (для определенных наук); специальные или специфические (для данной науки). Разделение методов всегда условно, так как по мере развития познания один научный метод может переходить из одной категории в другую.

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

В структуре общенаучных методов отдельно выделяют несколько уровней: методы эмпирического исследования; методы теоретического познания; общелогические методы и приемы исследования. Многие из нижеприведенных категорий и способов научного познания могут принадлежать нескольким уровням.

Наблюдение – это способ познания объективного мира, основанный на непосредственном восприятии предметов и явлений при помощи органов чувств без вмешательства в процесс со стороны исследователя. При наблюдении осуществляют целенаправленное пассивное изучение предметов, опирающееся в основном на данные органов чувств.

Сравнение – это познавательная операция, выявляющая сходство или различие между объектами материального мира или нахождение в них

Библиотека

общего, осуществляемое как при помощи органов чувств, так и при помощи специальных устройств.

Измерение – это физический процесс определения численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном. Измерение выполняется при помощи средств измерений с целью нахождения числового значения измеряемой величины в принятых единицах измерения.

Описание – познавательная операция, состоящая в фиксировании результатов опыта (наблюдения или эксперимента) с помощью определенных систем обозначения, принятых в науке.

Расчет – это нахождение числовой величины, определяющей количественное соотношение однотипных объектов или их параметров, характеризующих те или иные свойства.

Эксперимент – одна из сфер человеческой практики, в которой подвергается проверке истинность выдвигаемых гипотез или выявляются закономерности объективного мира. Эксперимент – это активное и целенаправленное вмешательство в протекание изучаемого процесса, соответствующее изменение объекта или его воспроизведение в специально созданных и контролируемых условиях. В процессе эксперимента исследователь вмешивается в изучаемый процесс с целью познания, при этом одни условия опыта изолируются, другие исключаются, третьи усиливаются или ослабляются. Экспериментальное изучение объекта или явления имеет определенные преимущества по сравнению с наблюдением, так как позволяет изучать явления в «чистом виде» при помощи устранения побочных факторов. При необходимости испытания могут повторяться и организовываться так, чтобы исследовать отдельные свойства объекта, а не их совокупность.

Обобщение – определение общего понятия, в котором находит отражение главное, основное, характеризующее объекты данного класса. Это средство для образования новых научных понятий, формулирования законов и теорий.

Абстрагирование – это мысленное отвлечение от несущественных свойств, связей, отношений предметов и выделение нескольких (существенных, общих) сторон, интересующих исследователя. Оно, как правило, осуществляется в два этапа. На первом этапе определяются несущественные свойства, связи и т. д. На втором исследуемый объект заменяют другим, более простым, представляющим собой упрощенную модель, сохраняющую главное в сложном. Различают следующие виды абстрагирования: отождествление (образование понятий

Библиотека университета

путем объединения предметов, связанных по своим свойствам в особый класс); изолирование (выделение свойств, неразрывно связанных с предметами); конструктивизация (отвлечение от неопределенности границ реальных объектов) и, наконец, допущение потенциальной осуществимости. Ярким примером абстрактной модели действительности является идеальный газ, который широко используется в физике, термодинамике и других науках.

Формализация – отображение объекта или явления в знаковой форме какого-либо искусственного языка (математики, химии и т. д.) и обеспечение возможности исследования реальных объектов и их свойств через формальное исследование соответствующих знаков. Формализация – представление содержательного знания в знаково-символическом виде с помощью формализованного языка, который создается для точного выражения мыслей с целью исключения возможности для неоднозначного понимания.

Аксиоматический метод – способ построения научной теории, при котором в ее основу кладутся некоторые исходные положения – некоторые утверждения (аксиомы, постулаты), которые принимаются без доказательств и затем используются для получения остальных знаний по определенным логическим правилам. Общеизвестной, например, является аксиома о параллельных (не пересекающихся) линиях, которая принята в геометрии без доказательств. Для вывода теорем из аксиом (и вообще одних формул из других) формулируются специальные правила вывода.

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

Синтез – соединение отдельных сторон предмета в единое целое. Анализ и синтез взаимосвязаны, они представляют собой единство противоположностей. Различают следующие виды анализа и синтеза: прямой или эмпирический метод (используют для выделения отдельных частей объекта, обнаружения его свойств, простейших измерений и т. п.); возвратный или элементарно-теоретический метод, базирующийся на представлениях о причинно-следственных связях различных явлений; структурно-генетический метод, включающий вычленение в сложном явлении таких элементов, которые оказывают решающее влияние на все остальные стороны объекта.

Важными понятиями в теории познания являются: индукция – умозаключение от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению), т.е. движение мысли от единичного (опыта, фактов) к общему (их обобщению

Библиотека

в выводах) и д е д у к ц и я – умозаключение, в котором вывод о некотором элементе множества делается на основании знания общих свойств всего множества, т. е. это восхождение процесса познания от общего к единичному. Дедукция и индукция – взаимообратные методы познания, широко использующие частные методы формальной логики. Это методы *единственного сходства* (предполагается, что единственное сходное обстоятельство является причиной рассматриваемого явления); *единственного различия* (предполагается, что единственное различие обстоятельств является причиной явления); *сопутствующих изменений* (изменение одного явления приводит к изменению другого, так как оба эти явления находятся в причинной связи); *остатков* (если известно, что некоторые из совокупности определенных обстоятельств являются причиной части явлений, то остаток этого явления вызывается остальными обстоятельствами).

Одним из методов научного познания является аналогия, посредством которой достигается знание об объектах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими. Степень вероятности (достоверности) умозаключений по аналогии зависит от количества сходных признаков у сравниваемых явлений (чем их больше, тем большую вероятность имеет заключение). Аналогия устанавливает сходства в некоторых сторонах, свойствах и отношениях между нетождественными объектами. На основании выявленного сходства делается соответствующий вывод – умозаключение по аналогии. Его общая схема: объект *B* обладает признаками *a*, *в*, *c*, *d*; объект *C* обладает признаками *в*, *c*, *d*; следовательно, объект *C* возможно обладает признаком *a*. Тем самым аналогия дает не достоверное, а вероятное знание. При выводе по аналогии знание, полученное из рассмотрения какого-либо объекта («модели») переносится на другой, менее изученный и менее доступный для исследования объект.

Аналогия тесно связана с моделированием или модельным экспериментом. Если обычный эксперимент непосредственно взаимодействует с объектом исследования, то в моделировании такого взаимодействия нет, так как эксперимент производится не с самим объектом, а с его заменителем. Моделирование – метод исследования определенных объектов путем воспроизведения их характеристик на другом объекте – модели, которая представляет собой аналог того или иного фрагмента действительности – оригинала модели. Между моделью и объектом, интересующим исследователя, должно существовать известное подобие: в физических характеристиках, структуре, функциях. Формы моделирования весьма разнообразны. Например, физическое и знаковое. Важной формой последнего является математическое моделирование.

Университета

Примером: имитационная модель на ЭВМ процессов функционирования реального объекта. Если в процессе эксперимента одна часть операций осуществляется на реальном объекте, а другая – с использованием моделей на ЭВМ и приборов (средств сбора и обработки информации), то это – полунатурное моделирование.

Гипотетический метод познания предполагает разработку научной гипотезы на основе изучения сущности исследуемого явления на основе способов познания и затем формулирование гипотезы, составление расчетной схемы (модели), алгоритма, их изучение, анализ, разработка теоретических положений. При гипотетическом методе познания исследователь нередко использует идеализацию – мысленное конструирование объектов, которые практически неосуществимы (например, точка, идеальный газ, абсолютно твердое тело). В результате идеализации реальные объекты лишаются некоторых присущих им свойств и наделяются гипотетическими свойствами.

При исследованиях сложных систем с многообразными связями, характеризуемыми как непрерывностью и детерминированностью, так и дискретностью и случайностью, используются системные методы (исследование операций, теории управления, множеств и др.). Такие методы получили широкое распространение с развитием ЭВМ. Системный подход – совокупность общенаучных методологических принципов, или требований, в основе которых лежит рассмотрение объектов как систем. К числу этих требований относятся: выявление зависимости каждого элемента от его места и функций в системе с учетом того, что свойства целого несводимы к сумме свойств его элементов; анализ того, насколько поведение системы обусловлено как особенностями ее отдельных элементов, так и свойствами ее структуры; исследование механизма взаимодействия системы и среды; изучение характера иерархичности, присущей данной системе; обеспечение всестороннего многоаспектного описания системы; рассмотрение системы как динамичной, развивающейся целостности.

Выделяют также частнонаучные методы, т. е. совокупность способов, принципов познания, исследовательских приемов и процедур, применяемых в той или иной отрасли науки. Это методы механики, физики, химии, биологии и гуманитарных (социальных) наук.

Что касается социально-гуманитарных наук (социологии, психологии, культурологии и др.), то в них, кроме философских и общенаучных, применяются специфические средства, методы и операции, обусловленные особенностями предмета этих наук. В их числе: идиографический метод – описание индивидуальных особенностей единичных исторических фактов и событий; диалог («вопросно-ответный

Университета

метод»); понимание; интроспекция (самонаблюдение); эмпатия – восприятие внутреннего мира другого человека, проникновение в его переживания; тестирование; опросы и интервью; проективные методы; биографический и автобиографический методы; социальный эксперимент и социальное моделирование; ролевые и имитационные игры и ряд других.

Как в социально-экономических и гуманитарных науках, так и в естественных и технических исследованиях часто используют исторический метод познания, исследующий возникновение и формирование объектов в хронологической последовательности, в результате чего исследователь получает дополнительные знания об изучаемых объектах (явлениях) в процессе их развития.

Дисциплинарные методы – система приемов, применяемых в той или иной дисциплине, входящей в какую-либо отрасль науки или возникшей на стыках наук. Каждая фундаментальная наука представляет собой комплекс дисциплин, которые имеют свой специфический предмет и свои своеобразные методы исследования. Методы междисциплинарного исследования – совокупность ряда синтетических, интегративных способов, возникших как результат сочетания элементов различных уровней методологии, нацеленных главным образом на стыки научных дисциплин.

При анализе явлений и процессов в сложных системах возникает потребность рассматривать большое количество факторов (признаков), среди которых важно уметь выделять главное при помощи метода ранжирования и исключения второстепенных факторов, не влияющих существенно на исследуемое явление. Этот метод допускает усиление основных и ослабление второстепенных факторов, т. е. размещение факторов по определенным правилам в ряд убывающей или возрастающей последовательности по силе фактора.

Таким образом, в научном познании функционирует сложная, динамичная, целостная, субординированная система многообразных методов разных уровней, сфер действия, направленности и т. п., которые всегда реализуются с учетом конкретных условий.

3.2.1 Методы теоретических и эмпирических исследований. Разнообразные методы научного познания условно подразделяются на ряд уровней: эмпирический, экспериментально-теоретический, теоретический и метатеоретический уровни.

Методы эмпирического уровня: наблюдение, сравнение, расчет, измерение, анкетный опрос, экспертные оценки, собеседование, тесты, метод проб и ошибок и т. д. Методы этой группы конкретно связаны с изучаемыми явлениями и используются на этапе формирования научной гипотезы.

Методы экспериментально-теоретического уровня: эксперимент,

Библиотека

анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование, логические, гипотетический методы. Эти методы помогают исследователю обнаружить те или иные достоверные факты, объективные проявления в протекании исследуемых процессов. С помощью этих методов производится накопление фактов, их перекрестная проверка. Причем факты имеют научно-познавательную ценность только в тех случаях, когда они систематизированы и между ними вскрыты причинно-следственные зависимости. Таким образом, задача выявления истины требует не только сбора фактов, но и правильной их теоретической обработки. Первоначальная систематизация фактов и их анализ проводятся уже в процессе наблюдений, экспериментов, ибо эти методы включают в себя не только акты чувственного восприятия предметов и явлений, но и их отбор, классификацию, осмысливание воспринятого материала, его фиксирование.

Методы теоретического уровня: абстрагирование, идеализация, формализация, анализ и синтез, индукция и дедукция, аксиоматика, обобщение. На теоретическом уровне производятся логическое исследование собранных фактов, выработка понятий, суждений, делаются умозаключения. Здесь также соотносятся ранние научные представления с возникающими новыми. На теоретическом уровне научное мышление освобождается от эмпирической описательности, создавая теоретические обобщения. При этом новое теоретическое содержание знаний надстраивается над эмпирическими знаниями. На теоретическом уровне познания широко используются логические методы сходства, различия, сопутствующих изменений, разрабатываются новые системы знаний, решаются задачи дальнейшего согласования теоретически разработанных систем с накопленным новым экспериментальным материалом.

К методам метатеоретического уровня относят диалектический метод и метод системного анализа. С помощью этих методов исследуются сами теории и разрабатываются пути их построения, изучается система положений и понятий данной теории, устанавливаются границы ее применения, способы введения новых понятий, обосновываются пути синтезирования нескольких теорий. Центральной задачей данного уровня исследований является познание условий формализации научных теорий и выработка формализованных языков, именуемых метаязыками.

При изучении сложных, взаимосвязанных друг с другом проблем используется системный анализ, получивший широкое применение в различных сферах научной деятельности: логике, математике, общей теории систем, в результате чего сформировались такие науки, как металогика и метаматематика. Металогика исследует системы положений и понятий формальной логики, разрабатывает вопросы теории доказательств, определимости понятий, истины в формализованных языках. Метаматематика занимается изучением различных свойств

Библиотека

формальных систем и исчислений. В основе системного анализа лежит понятие системы, под которой понимается множество объектов, обладающих заранее определенными свойствами с фиксированными между ними отношениями. На основе этого понятия производится учет связей, используются количественные сравнения всех альтернатив для того, чтобы сознательно выбрать наилучшее решение, оцениваемое каким-либо критерием, например, эффективностью, надежностью. Системный анализ носит общий, междисциплинарный характер, т. е. касается образования, развития, функционирования, синтеза любых систем. Он используется для исследования ряда сложных систем, например, при организации парка машин, эксплуатации транспортных объектов в условиях горно-обогатительных предприятий.

Системный анализ складывается из основных четырех этапов: первый заключается в постановке задачи, когда определяют объект, цели и задачи исследования, а также критерии для изучения и управления объектом. Неправильная или неполная постановка целей может свести на нет результаты всего последующего анализа. Во время второго этапа очерчиваются границы изучаемой системы и определяется ее структура: объекты и процессы, имеющие отношение к поставленной цели, разбиваются на собственно изучаемую систему и внешнюю среду. При этом различают замкнутые и открытые системы. При исследовании замкнутых систем влиянием внешней среды на их поведение пренебрегают. Затем выделяют отдельные составные части системы – ее элементы, устанавливают взаимодействие между ними и внешней средой. Именно так строится, например, такая фундаментальная наука, как термодинамика. Большое внимание в технике уделяется изучению замкнутых систем, имеющих закрытые технологические циклы, так называемую «безотходную технологию». Такие технологические процессы перспективны с экономических и экологических позиций: «чем меньше отходов, тем выше уровень производства». Третий, важнейший этап системного анализа заключается в составлении математической модели исследуемой системы. Вначале производят параметризацию системы, описывают выделенные элементы системы и их взаимодействие. В зависимости от особенностей процессов используют тот или иной математический аппарат для анализа системы в целом. При этом аналитические методы используются для описания лишь небольших систем вследствие их громоздкости или невозможности составления и решения сложной системы уравнений. Для описания больших систем, их характеристик не только качественных, но и количественных используются дискретные параметры (баллы), принимающие целые значения. Например, твердость материалов оценивают баллами по шкале Мооса и др. Методы операций с дискретными параметрами излагаются в теории множеств и прежде всего в таких ее разделах, как в алгебре

Библиотека ситета

множеств и в алгебре высказываний (математической логике), составляющих основу математического обеспечения современных ЭВМ. Наряду с аппаратом алгебр множеств и высказываний при исследовании сложных систем широко используют вероятностные методы, поскольку в них преобладают стохастические процессы. Поэтому наиболее часто исследуют развитие процессов с некоторой вероятностью или же определяют вероятность протекания изучаемых процессов. Если исследуются сложные системы (обобщенные динамические системы), характеризуемые большим количеством параметров различной природы, го в целях упрощения математического описания их расчленяют на подсистемы, выделяют типовые подсистемы, производят стандартизацию связей для различных уровней иерархии однотипных систем. Примерами такого подхода к изучению сложных систем, например, управления, являются типовые возмущения, типовые звенья системы с определенными статическими и динамическими свойствами. В результате третьего этапа системного анализа формируются законченные математические модели системы, описанные на формальном, например алгоритмическом, языке. Важным этапом системного анализа является четвертый, где происходит анализ полученной математической модели, определение ее экстремальных условий с оптимизацией и формулирование выводов.

Оптимизация заключается в нахождении оптимума рассматриваемой функции и нахождения оптимальных условий поведения данной системы или протекания данного процесса. Оценку оптимизации производят по критериям, принимающим в таких случаях экстремальные значения (например, выражающие, минимальную стоимость при определенной производительности, минимальный расход топлива, максимальную производительность и т. д.). На практике выбрать надлежащий критерий достаточно сложно, так как в задачах оптимизации зачастую требуется использовать многие критерии, которые иногда оказываются взаимно противоречивыми. Поэтому наиболее часто выбирают какой-либо один основной критерий, а для других устанавливают пороговые предельно допустимые значения. На основании выбора составляется зависимость критерия оптимизации от параметров модели исследуемого объекта (процесса). Такой результат исследования чрезвычайно важен для практических целей, дает определенную последующую опытно-конструкторскую проработку задачи.

3.2.2 Методы и формы познания эмпирического уровня: обработка и систематизация знаний. Эмпирические методы направлены на вычленение и исследование реальных объектов. Рассмотрим группу методов этого уровня, предполагающих работу с полученной эмпирической информацией – научными фактами, которые

Бел ГУ ситета

необходимо обработать, систематизировать, осуществить первичное обобщение и т. д. Эти методы необходимы, когда исследователь работает с уже имеющимися полученными знаниями, не обращаясь непосредственно к событиям действительности, упорядочивая собранные данные, стремясь обнаружить эмпирические закономерные отношения, высказать предположения об их существовании. По своей природе это во многом «чисто логические» методы, разворачивающиеся по законам, принятым прежде всего в логике, но вместе с тем включенные в контекст эмпирического уровня научного исследования с задачей упорядочивания фактуального знания. На уровне обыденных упрощенных представлений этот этап первоначального преимущественно индуктивного обобщения знания часто интерпретируется как сам механизм получения теории, в чем просматривается влияние широко распространенной в прошлых веках «всеиндуктивистской» концепции познания. Чтобы понять, в чем действительная роль этого этапа, остановимся на методах и формах знания, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Методы и формы знания

Методы обработки и систематизации знаний	Формы знания
Анализ и синтез Индукция и дедукция Аналогия Систематизация Классификация Другие	Эмпирический закон, характеристика, тенденция Эмпирическая (описательная) гипотеза Экспериментальные данные на основе наблюдений или испытаний физического объекта или моделирования

Изучение научных фактов начинается с их **анализа**, под которым понимают метод исследования, состоящий в мысленном разложении целого и вообще сложного явления на его составные, более простые элементарные части и выделении отдельных сторон, свойств, связей. Анализ не является конечной целью научного исследования, которое стремится воспроизвести целое, понять его внутреннюю структуру, характер его функционирования, закон его развития. Эта цель достигается последующим теоретическим и практическим синтезом.

Синтез – это метод исследования, состоящий в соединении, воспроизведении связей проанализированных частей, элементов, сторон, компонентов сложного явления и постижении целого в его единстве. Анализ и синтез имеют свои объективные основы в строении и закономерностях самого объекта. Применительно к любому объекту

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

существуют целое и части, единство и различия, непрерывность и дискретность, постоянно происходящие процессы разделения и соединения, разрушения и создания. Сам переход от анализа фактов к теоретическому синтезу осуществляется с помощью методов, которые, дополняя друг друга, составляют содержание этого сложного процесса. Одним из таких методов является **индукция**, которая традиционно понимается как метод перехода от знания отдельных фактов к знанию общего, к эмпирическому обобщению и установлению общего положения, переходящего в закономерность, существенную связь. Слабость индукции – в недостаточной обоснованности такого перехода. Перечисление фактов не может быть никогда практически завершено, и нет уверенности в том, что следующий факт не будет противоречащим. Знание, полученное с помощью индукции, всегда вероятностное. Кроме того, в посылках индуктивного заключения не содержится знания о том, насколько обобщаемые признаки, свойства являются существенными. С помощью индукции перечисления можно получить знание не достоверное, а только вероятное. Существует также ряд других методов обобщения эмпирического материала, с помощью которых, как и в популярной индукции, получаемое знание носит вероятный характер. К числу таких методов относятся метод аналогий, статистические методы, метод модельной экстраполяции. Они различаются между собой степенью обоснованности перехода от фактов к обобщениям.

Пути обобщения, движения к теоретическому синтезу многообразны и обнаруживают необходимость дополнения индуктивных методов дедуктивными. Под **дедукцией** понимают как метод перехода от общих суждений к частным, так и всякое необходимое следование из одних высказываний, рассматриваемых в качестве посылок, к другим высказываниям (заключениям) с помощью правил логики. Необходимый характер следования делает получаемое знание не вероятным, а достоверным, что резко повышает его ценность для науки. В дедуктивном выводе различают два аспекта логического следования: содержательный, или семантический, и формальный, или синтаксический. В первом случае логическое следование зависит от смысла (содержания) высказываний, входящих в дедуктивные рассуждения, и от смысла используемых логических констант («и», «или», «если … то» и др.); во втором логическое следование определяется запасом средств, относящихся к некоторой логической системе, т.е. аксиомами, теоремами, дедуктивными правилами. В целом же лежащее в основе дедуктивного вывода отношение логического следования является единством этих двух аспектов.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

В общем процессе научного познания индуктивные и дедуктивные методы тесно переплетены. Оба метода основываются на объективной диалектике единичного и общего, явления и сущности, случайного и необходимого. Индуктивные методы имеют большее значение в науках, непосредственно опирающихся на опыт, в то время как дедуктивные методы имеют первостепенное значение в теоретических науках как орудие их логического упорядочения и построения, как методы объяснения и предсказания. Для обработки и обобщения фактов в научном исследовании широко применяются **систематизация** как приведение в единую систему и **классификация** как разбиение на классы, группы, типы и т. п. Классификационные методы позволяют решать целый ряд познавательных задач: свести многообразие материала к сравнительно небольшому числу образований (классов, типов, форм, видов, групп и т. д.); выявить исходные единицы анализа и разработать систему соответствующих понятий и терминов; обнаружить регулярности, устойчивые признаки и отношения, в конечном счете – эмпирические закономерности; подвести итоги предшествующих исследований и предсказать существование ранее неизвестных объектов или их свойств, вскрыть новые связи и зависимости между уже известными объектами. Составление классификаций должно подчиняться логическим требованиям: в одной и той же классификации необходимо применять одно и то же основание; классификационные признаки желательно использовать наиболее общие; объем элементов классификации должен равняться объему классифицируемого класса (соразмерность деления); элементы классификации должны взаимно исключать друг друга и другие. В технических науках представлены как описательные классификации, позволяющие привести к удобному виду накопленные результаты, так и структурные классификации, позволяющие выявить и зафиксировать соотношения объектов.

Применение рассмотренных методов обработки фактуального знания может привести к обнаружению некоторой объективной регулярности, к обобщениям на эмпирическом уровне. В связи с этим высказывается предположение о том, что эта регулярность обладает статусом *закона*. Специфика **эмпирической гипотезы** состоит в том, что она является вероятностным знанием; носит описательный характер, т. е. содержит предположение о том, как ведет себя объект, но не объясняет почему; обобщает результаты непосредственного наблюдения и выдвигает предположение о характере эмпирических зависимостей; формулируется средствами языка, содержащего термины наблюдения. Примеры таких

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

гипотез: «чем сильнее трение, тем большее количество тепла выделяется»; «любое цветовое ощущение вызывается комбинацией только трех цветов» (гипотеза Гельмгольца); «металлы расширяются при нагревании» и др.

Эмпирический закон – это наиболее развитая форма вероятностного эмпирического знания, с помощью индуктивных методов фиксирующего количественные и иные зависимости, полученные опытным путем, при сопоставлении фактов наблюдения и эксперимента. В этом его отличие как формы знания от **теоретического закона** – достоверного знания, которое формулируется с помощью математических абстракций, а также в результате теоретических рассуждений, главным образом как следствие мысленного эксперимента над идеализированными объектами. При изучении физических свойств технического объекта также могут быть эмпирически получены некоторые *характеристики* параметров, наиболее общие *тенденции* развития процессов и явлений.

3.2.3 Новые методологии: компьютеризация науки, системный подход, базы знаний, синергетика. Развитие современной теории познания предполагает анализ и осмысление фундаментальных изменений, происходящих в науке, культуре и образовании в связи с широким внедрением компьютерных технологий и персональных компьютеров. Реализовать это возможно, опираясь на исследования в области когнитивной науки, где знание и информация являются главным предметом. Представление знания как объект исследования в когнитивной науке не только предполагает предметное его содержание, но и определяет интерпретативную деятельность субъекта, социокультурную обусловленность его поведения, фиксирует другие связи и отношения, непосредственно не представленные в традиционных эпистемологических структурах.

Эпистемология и когнитивная наука. Когнитивная наука (когнитология) сформировалась в 70-е гг. XX в. (Гарвард, США) как дисциплина, исследующая методом компьютерного моделирования функционирование знаний в интеллектуальных системах. Когнитивную науку отличает междисциплинарность, использование компьютерной метафоры и исследование познания. Центральным для проблематики когнитивной науки является обращение к компьютеру, служащему наиболее наглядной и убедительной моделью формирования знаний, где имитируются различные когнитивные процессы (например, обучения или получения экспертного знания и т. п.). Феномен знания исследуется в аспектах его приобретения, хранения, переработки, выясняется, какими типами знания и в какой форме обладает человек, как представлено знание в мозгу человека и как оно используется. Здесь важную роль играет лингвистика, которая для когнитивной науки выступает как один из

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

методов исследования когнитивных структур. По отношению к «искусственному интеллекту» (ИИ) когнитология является своего рода «теорией интеллектуальных машин и механизмов», где сконструированные человеком компьютерные устройства исследуются посредством их естественных прообразов – людей познающих.

Появление ИИ знаменует собой переход от баз данных к *базам знаний*, под которыми понимают накопление, структурирование и хранение с помощью ЭВМ знаний, сведений из различных областей таким организованным способом, что можно иметь доступ к этим знаниям, расширять их, получать, выводить новые знания и т.д.

Традиционные проблемы гносеологии, эпистемологии, идеологии и методологии науки получили новое видение и интерпретацию. «Когнитивизм знаменовал появление новой парадигмы научного знания, и с ним в историю науки пришло новое понимание того, как следует изучать знание, как можно подойти к проблеме непосредственно не наблюдаемого – прежде всего к проблеме внутреннего представления мира в голове человека…» [46]. Эксплицитно выраженные знания составляют лишь незначительную часть общей базы знаний человека. Согласно современным подходам, такая база есть самоорганизующаяся и саморегулируемая система. Она включает следующие компоненты: *языковые знания* – грамматика (с фонетикой и фонологией), дополненная знанием композиционной и лексической семантики; знание об употреблении языка; знание принципов речевого обучения; *внеязыковые знания* – о контексте описываемой ситуации, об адресате коммуникации (в том числе знание о поставленных адресатом целях и планах, его представления о говорящем, об окружающей обстановке, знание своих умений); общефоновое знание (личностная картина мира).

При соотнесении эпистемологии и когнитивной науки необходимо различать знание и информацию, что упрощенно можно свести к формуле: информация – это знание минус человек; информация – знаковая оболочка знания. Под компьютерным представлением знания принято понимать информацию, хранимую в машине, формализованную в соответствии с определенными структурными правилами, которые компьютер может автономно использовать при решении проблем с помощью заложенных в нем алгоритмов типа логического вывода. Информационная модель знания (как записанная в компьютере, так и вербализованная в тексте) является лишь намеком на представленное знание, по которому человек способен творчески воссоздать само знание. Информация, которая служит для получения знаний человеком, принципиально отличается от информации, изучаемой в теории информации. Когнитивное знание открывает человеку дополнительные возможности размышления и действия, увеличивает его свободу. Информация как управляющий сигнал уменьшает неопределенность допускаемых состояний управляемой системы.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Отличие традиционной гносеологии от разделов теории познания, имеющих дело с использованием компьютеров, состоит в том, что первая концентрируется на процедуре описания, обращаясь к высказываниям и правилам для получения знания. «Компьютерная» теория познания делает центром своего внимания регуляцию, обращается к нормативным предложениям, использует знания для продуцирования правил. С развитием теории познания изменяется инструментарий гносеолога, требования к его профессиональной подготовке. При разработке программ ИИ возможна проверка самых абстрактных гипотез о природе человеческого разума. Сегодня здесь на первый план вышла проблема порождения знания, и это потребовало пересмотра базовых концепций ИИ.

Активно развивается новая наука – *синергетика*, изучающая теорию самоорганизации и самоорганизующиеся системы (см. раздел 2.2 и пункт 3.4.2.1). Синергетика исследует процессы самоорганизации и развития открытых целостных систем любого происхождения – природных, социальных, когнитивных (познавательных). Среди основных понятий синергетики выделяют такие понятия, как «порядок», «хаос», «нелинейность», «неопределенность», «нестабильность», «диссипативные структуры», «бифуркация» и др. Синергетические понятия тесно связаны с общефилософскими категориями, особенно такими, как «развитие», «становление», «время», «целое», «случайность», «возможность» и др.

3.3 Методология научно-технического творчества

Творчество – мышление в его высшей форме, выходящее за пределы известного, а также процессы, обусловленные особенностями человеческой психики и закономерностями высшей нервной деятельности, порождающие нечто качественно новое. Эти процессы включают в себя постановку или выбор задачи, поиск условий и способа ее решения и в результате – создание нового.

Творчество может иметь место в любой сфере деятельности человека, в том числе и научной. Научное творчество связано с познанием. Научно-техническое творчество имеет прикладные цели, оно направлено на удовлетворение практических потребностей человека и предусматривает решение задач в области техники на основе использования достижений науки.

В течение всей человеческой истории ученые и изобретатели прошлого для создания нового использовали малопроизводительный метод «проб и ошибок». В бессистемном переборе большого количества возможных (мыслимых) вариантов иногда находилось нужное решение.

Белорусская библиотека университета

При этом, чем сложнее задача, чем выше ее творческий уровень, тем больше возможных вариантов ее решения, тем больше «проб» нужно совершить. В связи с этим творческие находки имели преимущественно случайный характер. От первой повозки с колесами до изобретения колеса со ступицей и спицами (2 тыс. лет до н. э.) прошло около двух тысячелетий. Однако история человечества показывает, что в целом период реализации творческих идей имеет ярко выраженную тенденцию к сокращению. Действительно, если от печатных досок до изобретения книгопечатания (1440 г.) прошло «лишь» шесть веков и затем до создания печатной машинки четыре века, то, например, транзистор, изобретенный в 1948 г., был реализован в 1953 г. В эпоху современной научно-технической революции потребность в новых технических решениях высокого уровня существенно возросла и продолжает увеличиваться, что постоянно повышает требования к эффективности и качеству творческого труда.

Реализация этой задачи возможна только на основе качественной перестройки стиля мышления, разработки теории и методологии научно-технического творчества и их широкого практического использования.

Творчество представляет собой явление, относящееся прежде всего к конкретным субъектам и связанное с особенностями человеческой психики, закономерностями высшей нервной деятельности, умственного труда.

Механизм творчества не раскрыт до сих пор. По мнению одних ученых, творческий процесс мышления начинается там, где создалась проблемная ситуация, предполагающая поиск решения в условиях неопределенности и дефицита информации. Другие утверждают, что определяющим механизмом творчества является не логика, а интуиция. «Посредством логики доказывают, посредством интуиции изобретают», – говорил А. Пуанкаре. И с эти утверждением нельзя не согласиться.

По сути, интуиция представляет собой быстрое решение, полученное в результате длительного накопления знаний в данной области, подытоживая совокупность умственной деятельности человека. Интуиция является вознаграждением за творческий труд ученого.

Специфический акт творчества – внезапное озарение – заключается в осознании чего-то, всплывшего из глубин подсознания, в схватывании элементов ситуации в тех связях и отношениях, которые обеспечивают решение задач. Исследователю иногда кажется, что на него ниспослано озарение, что удачная мысль пришла неведомо откуда. Причем сам процесс обработки информации не осознается, поиск решения сложной задачи происходит в подсознании, а в сознании отражается лишь результат (если он получен).

Университета

Наиболее важным для творчества видом мышления является воображение. Творческому воображению, фантазии принадлежит решающая роль в создании нового.

На процесс творчества отрицательно сказываются некоторые субъективные факторы, которые следует знать молодому исследователю. К ним относятся отсутствие гибкости мышления, сила привычки, узкопрактический подход, чрезмерная специализация, влияние авторитетов, боязнь критики, страх перед неудачей, чересчур высокая самокритичность, лень.

Противоположностью творческого воображения является психологическая инерция мышления, связанная со стремлением действовать в соответствии с прошлым опытом и знаниями, с использованием стандартных методов.

Элементы теории познания дают методологические средства научно-технического творчества, к которым относятся эвристические приемы и методы активации и научной организации творческого труда. Некоторые из них приведены ниже.

Приемы дробления и объединения (частей или операций). Например, гайка, резьба и корпус которой выполнены отдельными деталями, может быть снята с болта без свинчивания, а объединение в автомобильном колесе двух шин позволяет намного повысить его надежность.

Прием вынесения (отделения мешающей части или выделения единственно нужной). Например, при флюорографии для защиты от рентгеновских лучей многих органов на пути излучения ставят защитные барьеры, оставляя доступными для него только нужные части грудной клетки.

Прием инверсии (вместо диктуемого условиями задачи действия используется противодействие). Например, при испытаниях движется не сам автомобиль, а перемещается опорная поверхность, имитирующая дорогу.

Прием перехода в другое измерение предполагает применение других измерений при размещении, пространственной ориентации объектов. Такой прием использован, например, в предложении хранить бревна в воде в виде пучков диаметром, превышающим длину, путем установки пучков в вертикальном положении.

Прием универсальности (совмещение в одном объекте несколько функций). Например, педаль акселератора помимо функции задатчика скоростного режима может одновременно служить устройством, определяющим намерения водителя, темп воздействия и т.п.

Библиотека ситета

Прием обращения вреда в пользу (использование отрицательных свойств явлений и объектов для некоторого положительного эффекта) широко применяется в диссипативных элементах машин (амортизаторах) и системах рекуперации энергии.

Прием самообслуживания (придание дополнительных свойств объекту, обеспечивающих повышение его эффективности, прочности и др.). Например, стойкость плит корпуса дробеметного аппарата повышают путем придания им свойства магнита, удерживающего на своей поверхности постоянно обновляющийся слой дроби.

Эффективным эвристическим приемом в творческой деятельности является идеализация конечного результата – машины, устройства, процесса или материала. Например, идеальной может быть признана лампочка накаливания с контактами из ртути, обеспечивающими ее включение в одном положении и выключение – в другом, что позволяет обойтись без дополнительного элемента в цепи (выключателя). При идеализации стремятся максимально приблизиться к идеальному результату, значительно улучшив требуемые показатели.

Важным общенаучным методом познания является аналогия. На практике используются несколько видов аналогий. При *прямой* аналогии рассматриваемый объект сравнивается с более или менее схожим из другой области техники или живой природы. Пример: датчик, реагирующий на движущийся объект подобно глазу лягушки. *Символическая* (абстрактная, обобщенная) аналогия требует формулировки в парадоксальной форме сути явления. Например, пламя – видимая теплота; прочность – принудительная целостность и т. д. *Личная* аналогия представляет собой отождествление себя с исследуемым объектом. Для этого решающий задачу должен вжиться в образ совершенствуемого объекта с целью выяснения возникающих при этом ощущений, т. е. «прочувствовать» задачу. Существует и *фантастическая* аналогия, когда в объект вводятся какие-либо нереальные средства, выполняющие то, что требуется по условию задачи.

Исследователи и изобретатели в своей практике давно используют *физическую* и *математическую* аналогии. Совершенно сходными являются, например, структуры формул для определения силы тяготения $P_{\text{т}} = \text{г}\, m_1 m_2 / r^2$ и силы электростатического взаимодействия $P_e = k q_1 q_2 / r^2$. Аналогия лежит в основе физического и математического моделирования.

В научно-техническом творчестве обязательно используется такой общенаучный метод, как *анализ*. Широкое распространение в творческой

Университета

деятельности получил так называемый *морфологический анализ*, состоящий в систематическом исследовании всех мыслимых вариантов, вытекающих из закономерности строения (т. е. морфологии) совершенствуемой системы. Данный метод предусматривает:

– *формулировку задачи; составление списка характерных параметров (признаков) объекта*. Например, для такой технической системы, как принтер, характерными признаками являются: матричный, струйный или лазерный, тип картриджа, чем заправляется (порошком или чернилами) и т. д. К признакам предъявляются определенный требования. Они должны быть существенными для любого решения; охватывающими все аспекты задачи; достаточно немногочисленными, чтобы обеспечить быстрое изучение;

– *составление списка частичных решений для каждого параметра или признака*. По каждому признаку записывают возможные варианты. Целесообразно при этом указать, что данного параметра нет вообще – это облегчает выход к новым и иногда эффективным решениям;

– *определение функциональной ценности всех возможных сочетаний*. На практике могут быть использованы морфологические карты, представляющие собой двухосные таблицы, в каждой ячейке которой указывается один вариант.

В заключение необходимо выбрать наиболее приемлемое решение, для отбора которого особых правил нет, но целесообразнее всего выбирать несколько главных элементов, а остальные подбирать так, чтобы они соответствовали и усиливали главные элементы. При этом для объектов и элементов систем используют так называемые морфологические таблицы, в которых представляют их самые различные свойства. Морфологический анализ наиболее целесообразно использовать при решении конструкторских задач общего плана, при поиске компоновочных и схемных решений, при проектировании машин и механизмов. Он может применяться для прогнозирования развития технических систем, при определении возможности патентования оригинальных комбинаций параметров и элементов.

Эффективным средством при научно-техническом поиске новых решений являются ассоциативные методы, осуществляющие значительную активизацию творческого мышления. Эти методы основываются на применении семантических свойств понятий. При этом основными источниками для генерирования идей служат ассоциации (связи, возникающие при определенных условиях между несколькими психологическими образованиями – ощущениями, восприятиями, идеями, двигательными актами и т. п.), метафоры (перенесение свойств одного

Библиотека университета

предмета или явления на другой на основании общего для обоих признака, например, «золотая середина», «дерево процесса») и случайно выбранные понятия, признаки которых переносятся на совершенствуемый объект.

Рассмотрим применение одного из таких методов – так называемого метода гирлянд случайностей и ассоциаций – при решении задачи расширения ассортимента выпускаемой фабрикой офисной мебели, например, стульев и столов. В соответствии с методом необходимо: 1) определить синонимы объекта (гирляндой синонимов слова «стул» являются: стул – кресло – табурет – скамейка – сиденье и т. д.); 2) составить произвольный набор случайных объектов (вторую гирлянду слов, взятых наугад, например: кольцо – стекло – спираль – решетка – компьютер – автомобиль – ксерокс – мобильный телефон); 3) образовать комбинации из элементов двух составленных гирлянд и путем соединения каждого синонима с каждым случайным объектом (спиральный стул, кольцеобразный стол, стеклянный стул (стол), решетчатый стул, компьютерный стул (стол), …, автомобильный стол (сиденье автомобиля), …, стол для ксерокса, стол (стул) с мобильным телефоном и т. д.); 4) составить перечни признаков случайных объектов (например, мобильный телефон: раскладной, с подсветкой, с полифонией, с фонариком и т. п.); 5) сформировать предложения путем поочередного присоединения к совершенствуемому объекту (и его синонимов) признаков случайно выбранных объектов. Например, с учетом признаков мобильного телефона можно получить: стул с антенной (приемником), стол с подсветкой, полифонический стул, сиденье с фонариком, стол с клавиатурой и т. д.); 6) составить гирлянды ассоциаций из признаков случайных объектов, выявленных на шаге; 7) к элементам гирлянды синонимов совершенствуемого объекта присоединить элементы гирлянд ассоциаций (образуются новые варианты: сиденье из пористого материала, табурет из пенообразующего материала и т. д.); 8) произвести оценку и выбор рациональных вариантов в отбор оптимального варианта.

Интерес представляют также методы психологической активизации коллективной творческой деятельности. Одним из них является «мозговая атака» («мозговой штурм»), предложенная А. Осборном. Для устранения психологических препятствий, вызываемых, например, боязнью критики, процессы выработки идей и их критической оценки в мозговой атаке разделены во времени и проводятся, как правило, разными группами людей. Первая группа только выдвигает различные предложения и варианты решений без критики. В нее желательно включать людей, склонных к абстрагированию, фантазии. Вторая группа – это «эксперты», выносящие суждения о ценности выдвинутых идей. В ее состав лучше включать людей с аналитическим и критическим складом мышления.

В процессе технического творчества используется различные методики программного решения научно-технических задач, алгоритмы решения изобретательских задач (АРИЗ). Задачи в АРИЗ рекомендуется

Библиотека

формулировать в терминах, доступных неспециалисту и в виде нежелательного эффекта или главной трудности, а не цели. Смысл процесса решения в АРИЗ состоит в том, чтобы после выявления физических и технических противоречий разрешить их путем целенаправленного перебора относительно небольшого числа вариантов.

Существуют сотни эвристических методов поиска решения проблемных задач, причем выше были рассмотрены только некоторые из них. Естественно, каждый специалист должен знать наиболее широко используемые методы и уметь применять их в своей творческой деятельности.

3.4 Моделирование и автоматизированное проектирование транспортных объектов

3.4.1 Моделирование как метод получения научных знаний. При создании технических объектов широко используется моделирование. Как средство научного познания и преобразования материального мира моделирование применяется в экспериментальных и теоретических исследованиях [106].

Модель и моделирование – универсальные понятия, атрибуты одного из наиболее мощных методов познания в любой профессиональной области, познания системы, процесса, явления.

Моделирование – процесс замещения объекта исследования некоторой его моделью и проведение исследований на модели с целью получения необходимой информации об объекте. Моделирование – это универсальный метод получения, описания и использования знаний. Он используется в любой профессиональной деятельности. В современной науке и технологии роль и значение моделирования усиливается, актуализируется проблемами, успехами других наук. Моделирование реальных и нелинейных систем живой и неживой природы позволяет связать наши знания и реальные системы, процессы, в том числе и мыслительные.

Модель – в общем смысле объект или описание объекта, системы для замещения (при определенных условиях и гипотезах) одной системы (т.е. оригинала) другой системой для лучшего изучения оригинала или воспроизведения каких-либо его свойств. Модель является результатом отображения одной структуры (изученной) на другую (малоизученную). Отображая техническую систему (объект) на математическую систему (например, математический аппарат уравнений), получают

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

математическую модель технической системы. Любая модель строится и исследуется при определенных допущениях, гипотезах.

Модели и моделирование объединяют специалистов различных областей, работающих над решением межпредметных проблем, независимо от того, где эта модель и результаты моделирования будут применены. Вид модели и методы ее исследования больше зависят от информационно-логических связей элементов и подсистем моделируемой системы, ресурсов, связей с окружением, используемых при моделировании, а не от конкретной природы, конкретного наполнения системы.

Пример. Рассмотрим физическую систему: тело массой m скатывается по наклонной плоскости с ускорением a, на которое воздействует сила F. Исследуя такие системы, Ньютон получил математическое соотношение: $F = ma$. Это физико-математическая модель системы или математическая модель физической системы. При описании этой системы (построении модели) приняты следующие гипотезы: 1) поверхность идеальна (т. е. коэффициент трения равен нулю); 2) тело находится в вакууме (т. е. сопротивление воздуха равно нулю); 3) масса тела неизменна; 4) тело движется с одинаковым постоянным ускорением в любой точке.

Слово «модель» (лат. modelium) означает «мера», «способ», «сходство с какой-то вещью». Моделирование базируется на математической теории подобия, согласно которой абсолютное подобие может иметь место лишь при замене одного объекта другим точно таким же. При моделировании большинства систем (за исключением моделирования одних математических структур другими) абсолютное подобие невозможно, и основной принцип моделирования заключается в том, что модель достаточно хорошо должна отображать функционирование моделируемой системы.

Модели (если абстрагироваться от областей и сфер их применения) бывают трех типов: познавательные, прагматические и инструментальные.

Познавательная модель – форма организации и представления знаний, средство соединения новых и старых знаний. Познавательная модель, как правило, подгоняется под реальность и является теоретической моделью.

Прагматическая модель – средство организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления. Реальность в них подгоняется под некоторую прагматическую модель. Это, как правило, прикладные модели.

Инструментальная модель – средство построения, исследования и использования прагматических и/или познавательных моделей.

Познавательные модели отражают существующие, а прагматические – хоть и не существующие, но желаемые отношения и связи.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

По уровню моделирования модели бывают: *эмпирические* – на основе эмпирических фактов, зависимостей; *теоретические* – на основе математических описаний; *смешанные*, полуэмпирические – на основе эмпирических зависимостей и математических описаний.

Классификацию моделей проводят по различным критериям. Используем наиболее практически значимую.

Модель *статическая*, если среди параметров, участвующих в ее описании, нет временного параметра. Она в каждый момент времени дает лишь некоторое сечение системы. *Пример.* Закон Ньютона $F = ma$ – это статическая модель движущейся с ускорением *a* материальной точки массой *m*. Эта модель не учитывает изменение ускорения от одной точки к другой.

Модель *динамическая*, если среди ее параметров есть временной параметр, т. е. она отображает систему (процессы в системе) во времени. *Пример.* Модель $S = gt^2/2$ – динамическая модель пути при свободном падении тела. Динамическая модель типа закона Ньютона: $F(t) = m(t)a(t)$. Еще лучшей формой динамической модели Ньютона является $F(t) = m(t)s''(t)$.

Модель *дискретная*, если она описывает поведение системы только в дискретные моменты времени. *Пример.* Если рассматривать только *t* = 0, 1, 2, :, 10 (с), то модель $S_t = gt^2/2$ или числовая последовательность $S_0 = 0$, $S_1 = g/2$, $S_2 = 2g$, $S_3 = 9g/2$, ..., $S_{10} = 50g$ может служить дискретной моделью движения свободно падающего тела.

Модель *непрерывная*, если она описывает поведение системы для всех моментов времени из некоторого промежутка времени. *Пример.* Модель $S = gt^2/2$, $0 < t < 100$ непрерывна на промежутке времени (0; 100).

Модель *имитационная*, если она предназначена для испытания или изучения возможных путей развития и поведения характеристик объекта путем варьирования некоторых параметров модели.

Модель *детерминированная*, если каждому входному набору параметров соответствует вполне определенный и однозначно определяемый набор выходных параметров; в противном случае – модель недетерминированная, стохастическая (вероятностная). *Пример.* Приведенные выше физические модели – детерминированные. Если в модели $S = gt^2/2$, $0 < t < 100$ учесть случайный параметр – порыв ветра с силой *p* при падении тела, например, так: $S(p) = g(p)t^2/2$, $0 < t < 100$, то получится стохастическая модель (уже не свободного!) падения.

Модель *функциональная*, если она представима в виде системы каких-либо функциональных соотношений. *Пример.* Модель, описывающая непрерывный, детерминированный закон Ньютона – функциональная.

Модель *теоретико-множественная*, если она представима с

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

помощью некоторых множеств и отношений принадлежности им и между ними. *Пример.* Пусть заданы множество X = {БелАЗ-7555, БелАЗ-7516, БелАЗ-75131} и отношения: БелАЗ-7555 и БелАЗ-7516 – самосвалы с ГМП, БелАЗ-75131 – самосвал с ЭМТ, 10 машин БелАЗ-7555 работает на Михайловском ГОК, 15 машин БелАЗ-7516 – в ОАО «Стойленский ГОК», 20 машин БелАЗ-75131 – на Айхальском ГОК. Тогда множество X и множество перечисленных отношений Y могут служить теоретико-множественной моделью трех парков карьерных самосвалов с ГМП и ЭМТ, работающих на разных ГОК.

Модель *логическая*, если она представима предикатами, логическими функциями.

Модель *игровая*, если она описывает, реализует некоторую игровую ситуацию между участниками игры (объектами либо субъектами).

Модель *алгоритмическая*, если она описана некоторым алгоритмом или комплексом алгоритмов, определяющим ее функционирование, развитие. Введение такого, на первый взгляд, непривычного типа моделей (действительно, кажется, что любая модель может быть представлена алгоритмом её исследования), вполне обосновано, так как не все модели могут быть исследованы или реализованы алгоритмически. *Пример.* Моделью вычисления суммы бесконечного убывающего ряда чисел может служить алгоритм вычисления конечной суммы ряда до некоторой заданной степени точности. Алгоритмической моделью корня квадратного из числа x может служить алгоритм вычисления его приближенного сколь угодно точного значения по известной рекуррентной формуле.

Модель *структурная*, если она представима структурой данных или структурами данных и отношениями между ними. *Пример.* Структурной моделью может служить описание (табличное, графовое, функциональное или другое) структуры некоторой системы.

Модель *графовая*, если она представима графами и отношениями между ними. *Граф* – геометрическая конфигурация, состоящая из множества V узлов, взаимосвязанных с множеством E непрерывных, самонепересекающихся ветвей. Общими точками ветвей могут быть только узлы (т.е. точки из множества V). Если на всех ветвях задано направление, указываемое стрелкой, то граф называется ориентированным графом или *орграфом*. *Пример.* Правила состоят из условной и заключительной частей; в классическом случае в условной части правила проверяются данные из рабочей памяти (например, проверяется наличие данных либо выполнение условия описания данных с помощью предикатов). Условная часть может состоять из одного условия или нескольких условий, соединенных связкой **И**. Заключительная часть показывает данные, которыми следует дополнить рабочую память при выполнении условной части. На практике при использовании систем продукции в соответствии с необходимостью расширяют эти правила (например, используют связь **ИЛИ** в условной части, вводят условную часть с вычислениями на основании содержимого рабочей памяти и другими операциями либо вводят заключительную часть, указывающую на

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

заключение без дополнения содержимого рабочей памяти и т. п.). Подобные правила представляют собой отношение вывода, установленное между содержимым рабочей памяти, ссылка на которое осуществляется из условной части, и содержимым, указываемым в заключительной части. Такое отношение можно представить в виде графа с древовидной структурой (рисунок 3.1).

Модель *иерархическая* (древовидная), если представима некоторой иерархической структурой (деревом). *Пример.* Для решения задачи нахождения маршрута в дереве поиска строят древовидные модели.

Модель *сетевая*, если она представима некоторой сетевой структурой. *Пример.* В виде семантической сети можно отобразить знания, заключенные в текстах на естественном языке. Возьмем фразу: *«Водитель сел в кабину автосамосвала, приехал в карьер и загрузился сырьем»*. Здесь выделяется четыре объекта: *водитель* (a_1), *кабина автосамосвала* (a_2), *карьер* (a_3), *сырье* (a_4). Эти объекты связаны отношениями: *сел в* (r_1), *приехал в* (r_2), *загрузился* (r_3). Сеть, соответствующая этому тексту, показана на рисунке 3.2 (с учетом отношений, показанных сплошными линиями).

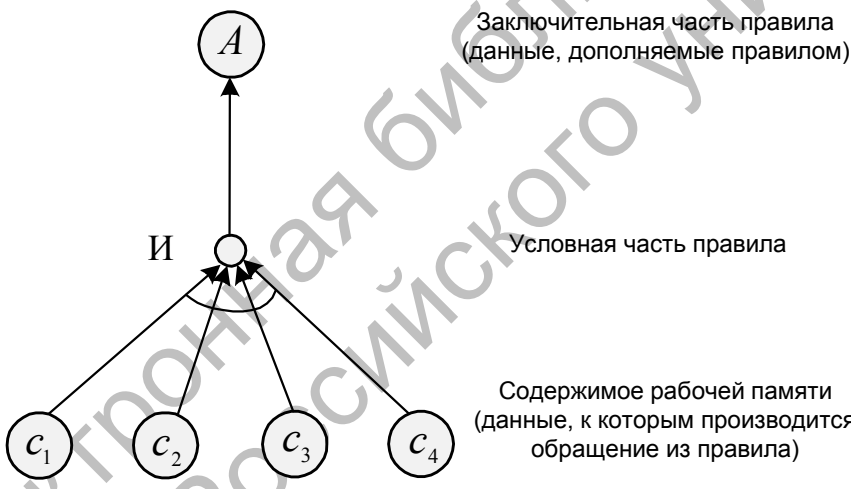


Рисунок 3.1 – Представление правила графом

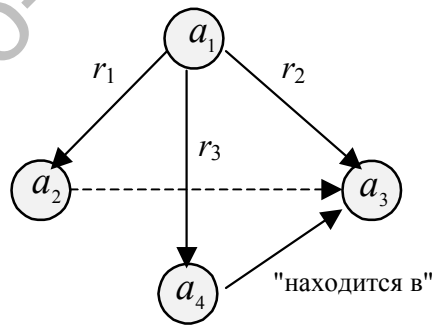


Рисунок 3.2 – Сетевая модель

Модель *лингвистическая* (вербальная, синтаксическая), если она представлена некоторым лингвистическим объектом, формализованной

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

языковой системой или структурой. *Примеры.* Правила дорожного движения – структурная модель движения транспорта и пешеходов на дорогах.

Задание некоей грамматики:

$T = \{a, b\}$, $N = \{S, A, B\}$, $S = S$,

$P = \{1.\ S \to aB;\ 2.\ S \to bA;\ 3.\ A \to aS;\ 4.\ A \to bAA;$
$5.\ A \to a;\ 6.\ B \to bS;\ 7.\ B \to aBB;\ 8.\ B \to b\}$.

Типичные выводы предложений на основе этой модели:

1. $S \xrightarrow{(1)} aB \xrightarrow{(8)} ab$.
2. $S \xrightarrow{(1)} aB \xrightarrow{(6)} abS \xrightarrow{(2)} abbA \xrightarrow{(5)} abba$.
3. $S \xrightarrow{(2)} bA \xrightarrow{(5)} ba$.
4. $S \xrightarrow{(2)} bA \xrightarrow{(4)} bbAA \xrightarrow{(5)} bbaA \xrightarrow{(5)} bbaa$.

В скобках над стрелками указан номер используемого правила вывода.

Теперь пусть грамматика задана следующим образом:

T = {перевозит, доставляет, груз, автомобиль, самосвал, грузовой, большой, испытывает, эксплуатируется, трансмиссия, гидромеханическая, нагрузки, усилия};

N = {С – (сказуемое), П – (подлежащее), О – (определение), Д – (дополнение), ГП – (группа подлежащего), ГС – (группа сказуемого), ПР – (предложение)};

S = {ПР – (предложение)}.

$$P = \begin{cases} 1.\ \text{ПР} \to (\text{ГП})\ (\text{ГС}); \\ 2.\ \text{ГП} \to (\text{О})\ (\text{П}); \\ 3.\ \text{ГС} \to (\text{С})\ (\text{Д}); \\ 4.\ \text{О} \to \text{(гидромеханическая, гидравлическая, механическая)}; \\ 5.\ \text{П} \to \text{(передача, трансмиссия, шестерня, муфта)}; \\ 6.\ \text{С} \to \text{(эксплуатируется, нагружается, испытывает, приобретает)}; \\ 7.\ \text{Д} \to \text{(нагрузки, ресурс, колебания, неисправности)}. \end{cases}$$

Построим на основе этой модели некоторые цепочки языка:

ПР $\xrightarrow{(1)}$ (ГП) (ГС) $\xrightarrow{(2)}$ (О) (П) (ГС) $\xrightarrow{(3)}$ (О) (П) (С) (Д) $\xrightarrow{(4)}$ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ (П) (С) (Д) $\xrightarrow{(5)}$ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА (С) (Д) $\xrightarrow{(6)}$ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА ИСПЫТЫВАЕТ (Д) $\xrightarrow{(7)}$ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА ИСПЫТЫВАЕТ НАГРУЗКИ.

Модель *визуальная*, если она позволяет визуализировать отношения и связи моделируемой системы, особенно в динамике. *Пример.* Визуализация на экране компьютера трехмерной модели объекта.

Модель *натурная*, если она есть материальная копия объекта моделирования. *Пример.* Глобус – натурная географическая модель земного шара.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Модель *геометрическая*, если она представима геометрическими образами.

Модель *графическая*, если она представима графическими объектами. *Примеры.* Модель автомобиля, визуализируемая на экране ЭВМ, является геометрической моделью проектируемого АТС. Вписанный в окружность многоугольник дает модель окружности. Именно она используется при изображении окружности на экране компьютера. Прямая линия является моделью числовой оси, а плоскость часто изображается как параллелограмм.

Существуют и другие разновидности моделей, что определяется спецификой их использования (например, клеточно-автоматная модель).

Проблема моделирования состоит из трех задач:

1) построение модели (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения моделей);

2) исследование модели (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов моделей);

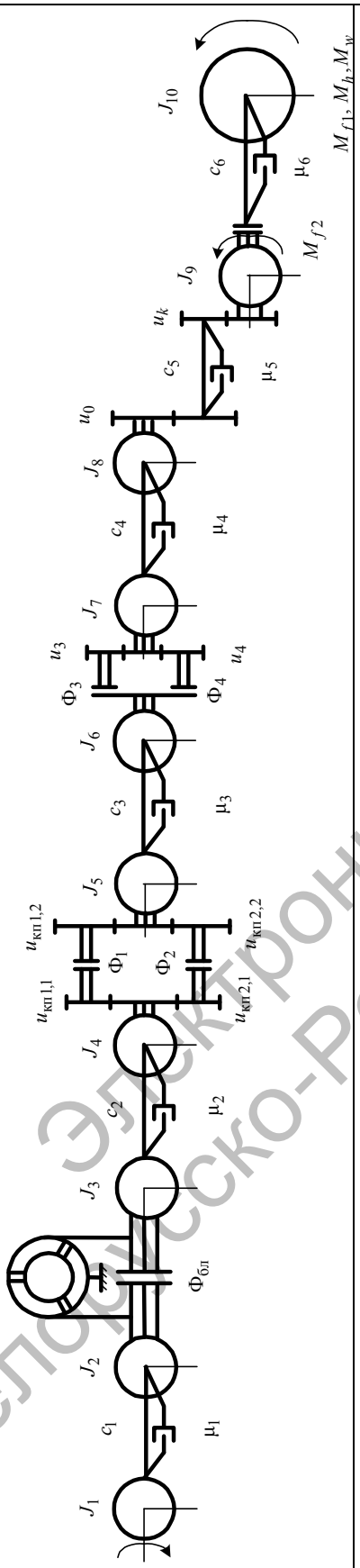
3) использование модели (конструктивная и конкретизируемая задача).

Различают моделирование предметное и абстрактное [106]. При *предметном моделировании* строят физическую модель, отображающую основные физические свойства и характеристики моделируемого объекта. При этом модель может иметь иную физическую природу в сравнении с моделируемым объектом. Если модель и объект одной и той же физической природы, то моделирование называют физическим. В то же время физическое моделирование сложных технических объектов сопряжено с большими временными и материальными затратами.

Абстрактное моделирование связано с построением абстрактных моделей. Такие модели представляют собой математические соотношения, схемы, диаграммы, графы и т.п. Наиболее универсальным методом абстрактного моделирования является математическое моделирование, широко используемое как в научных исследованиях, так и при проектировании. *Математическое моделирование* позволяет посредством математических символов и зависимостей составить описание функционирования объекта в условиях внешней среды, определить выходные параметры и характеристики, получить оценку показателей эффективности и качества, осуществить поиск оптимальной структуры и параметров [106]. Проведение исследований в процессе построения математической модели при моделировании называют еще вычислительным экспериментом.

Пример. Для исследования физических свойств гидромеханической передачи карьерного самосвала БелАЗ-7555 разработан ряд динамических и математических моделей этого технического объекта [204, 93-94]:

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета



$$\left.\begin{aligned}
\frac{d\omega_1}{dt} &= \left(M_{д} - M_{у1} - M_{д1}\right)/J_1;\\
\frac{d\omega_2}{dt} &= \left(M_{у1} + M_{д1} - M_{н}L_{н} - M_{фбл}L_{бл}\right)/J_2;\\
\frac{d\omega_3}{dt} &= \left(M_{н}K_{тн}L_{н} + M_{фбл}L_{бл} - M_{у2} - M_{д2}\right)/J_3;\\
\frac{d\omega_4}{dt} &= \left(M_{у2} + M_{д2} - \frac{M_{ф1}L_{ф1}}{u_{кп1,1}\eta_{кп1,1}} - \frac{M_{ф2}L_{ф2}}{u_{кп2,1}\eta_{кп2,1}}\right)\Big/J_4;\\
\frac{d\omega_5}{dt} &= \left(M_{ф1}L_{ф1}u_{кп1,2}\eta_{кп1,2} + M_{ф2}L_{ф2}u_{кп2,2}\eta_{кп2,2} - M_{у3} - M_{д3}\right)/J_5;\\
\frac{d\omega_6}{dt} &= \left(M_{у3} + M_{д3} - M_{ф3}L_{ф3} - M_{ф4}L_{ф4}\right)/J_6;\\
\frac{d\omega_7}{dt} &= \left(M_{ф3}L_{ф3}u_3\eta_3 + M_{ф4}L_{ф4}u_4\eta_4 - M_{у4} - M_{д4}\right)/J_7;\\
\frac{d\omega_8}{dt} &= \left(M_{у4} + M_{д4} - \frac{M_{у5} + M_{д5}}{u_0\eta_0}\right)\Big/J_8;\\
\frac{d\omega_9}{dt} &= \left(\frac{M_{у5} + M_{д5}}{u_{к}\eta_{к}} - M_{у6} - M_{д6} - M_{f2}\right)\Big/J_9;\\
\frac{d\omega_{10}}{dt} &= \left(M_{у6} + M_{д6} - M_{f1} - M_h - M_w\right)/J_{10},
\end{aligned}\right\}$$

где $\omega_i, i=\overline{1,10}$ – угловые скорости сосредоточенных масс модел

$M_{д}$ – момент двигателя; $M_{у\,j}, j=\overline{1,6}$ – моменты упруг

элементов; $M_{д\,j}, j=\overline{1,6}$ – моменты диссипативных элементов; M

– момент насосного колеса гидротрансформатора (ГДТ); $K_{тн}$

коэффициент трансформации ГДТ; $M_{фбл}$ – момент трен

фрикционной муфты блокировки ГДТ; $M_{ф1}\ldots M_{ф4}$ – момент

трения фрикционных муфт гидромеханической коробки перед

(ГМКП); $u_{кп1,1}; u_{кп2,1}; u_{кп1,2}; u_{кп2,2}$ – передаточные числа п

шестерен, обеспечивающих передачу энергии между входным

промежуточным валами ГМКП; $\eta_{кп1,1}; \eta_{кп2,1}; \eta_{кп1,2}; \eta_{кп2,2}$ – КП

этих пар шестерен; u_3, u_4 – передаточные числа пар шестер

понижающего и повышающего диапазонов коробки передач; η_3,

– КПД этих пар шестерен; $u_0, u_{к}$ – передаточные числа главной

колесной передач; $\eta_0, \eta_{к}$ – КПД этих передач; M_{f1}, M_{f2}

моменты сопротивлений качению колес переднего и заднего мост

M_h и M_w – приведенные моменты сопротивления подъему

воздуха; $L_{бл}, L_{ф1}\ldots L_{ф4}$ – дискретные функции состоян

фрикционных муфт; $L_{н}$ – дискретная функция состояния ГД

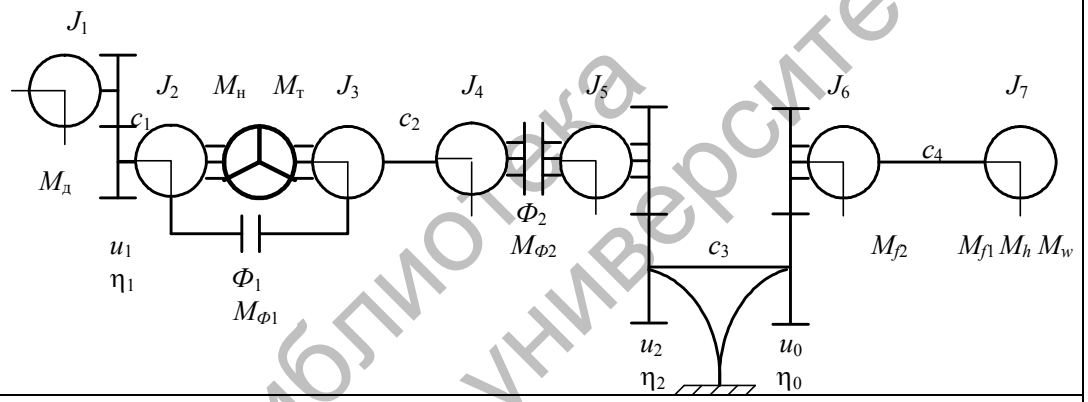
$L_{н}$=1 при функционировании ГДТ; $L_{н}$=0 после его блокирован

Функции $L_{бл}, L_{ф1}\ldots L_{ф4}$ равны 1 в процессе включения муфт и

их замкнутом состоянии и равны 0 при выключении и

выключенном состоянии муфт.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета



$$d\omega_1 / dt = [M_д - M_{у1} / (u_1\eta_1) - M_{д1} / (u_1\eta_1)] / J_1;$$

$$d\omega_2 / dt = [M_{у1} + M_{д1} - M_н - M_{ФБл}\,\mathrm{sign}(\omega_2 - \omega_3)\,(1 - L_1) - (M_{у2} + M_{д2})\,L_1P_1] / (J_2 + J_3P_1);$$

$$d\omega_3 / dt = [(M_{у1} + M_{д1})\,L_1P_1 + M_т + M_{ФБл}\,\mathrm{sign}(\omega_2 - \omega_3)\,(1 - L_1) - M_{у2} - M_{д2}] / (J_3 + J_2P_1);$$

$$d\omega_4 / dt = [M_{у2} + M_{д2} - M_{Ф2}\,\mathrm{sign}(\omega_4 - \omega_5)\,(1 - L_2) - (M_{у3} + M_{д3})\,L_2P_2 / (u_2\eta_2)] / (J_4 + J_5P_2);$$

$$d\omega_5 / dt = [(M_{у2} + M_{д2})\,L_2P_2 + M_{Ф2}\,\mathrm{sign}(\omega_4 - \omega_5)\,(1 - L_2) - (M_{у3} + M_{д3}) / (u_2\eta_2)] / (J_5 + J_4P_2);$$

$$d\omega_6 / dt = [(M_{у3} + M_{д3}) / (u_0\eta_3) - M_{у4} - M_{д4} - M_{f2}) / J_6;$$

$$d\omega_7 / dt = [M_{у4} + M_{д4} - M_{f1} - M_h - M_w) / J_7;$$

Дискретные функции состояния фрикционов ГДТ и коробки передач

$$L_1 = \begin{cases} 1 \text{ при } |\omega_2 - \omega_3| \le \Delta\omega_1; \\ 0 \text{ при } |\omega_2 - \omega_3| > \Delta\omega_1, \end{cases} \qquad L_2 = \begin{cases} 1 \text{ при } |\omega_4 - \omega_5| \le \Delta\omega_1; \\ 0 \text{ при } |\omega_4 - \omega_5| > \Delta\omega_1, \end{cases}$$

Функции переключения

$$P_1 = 0{,}5\,[1 + \mathrm{sign}(M_{ФБл} - |(M_{у2} + M_{д2}) + J_3\dot{\omega}_3|)];$$

$$P_2 = 0{,}5\,[1 + \mathrm{sign}\,(M_{Ф2} - |(M_{у3} + M_{д3}) / (u_2\eta_2) + J_5\dot{\omega}_5|)].$$

Данные модели позволяют решать ряд научных задач по исследованию качества переходных процессов в гидромеханической трансмиссии, оптимизации параметров механизмов ГМП, получению характеристик автоматического переключения передач и блокирования ГДТ. На рисунке 3.3 показаны характеристики изменения моментов в переходном процессе в ГМП при автоматическом переключении с низших передач на высшие и управлении скоростным режимом двигателя, полученные на основе имитационного моделирования.

У моделей, особенно математических, есть и дидактические аспекты –

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

развитие модельного стиля мышления, позволяющего вникать в структуру и внутреннюю логику моделируемой системы.

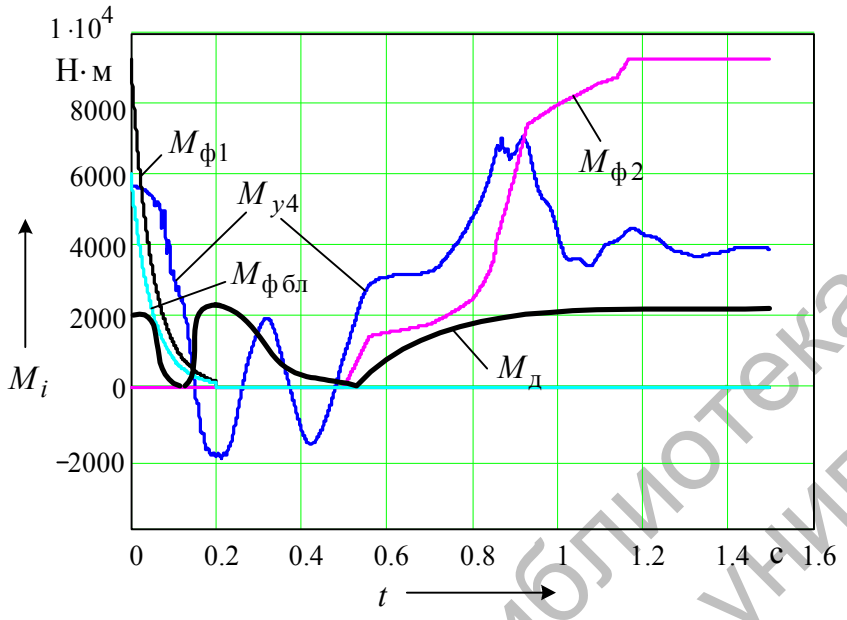


Рисунок 3.3 – Характеристики переходного процесса в ГМП при переключении передач 2⟶3

Формализация процесса проектирования на основе математического моделирования позволяет его автоматизировать. Одним из основных компонентов системы автоматизированного проектирования (САПР) является математическое обеспечение, включающая математические модели объектов проектирования и их элементов, методы и алгоритмы выполнения проектных процедур.

Построение модели – системная задача, требующая анализа и синтеза исходных данных, гипотез, теорий, знаний специалистов. Системный подход позволяет не только построить модель реальной системы, но и использовать эту модель для оценки (например, эффективности управления, функционирования) системы.

3.4.2 Системный подход в современной методологии науки. В современной методологии науки, начиная с середины XX в., сформировался системный подход – междисциплинарное философско-методологическое и специально-научное направление, обладающее высоким исследовательским и объясняющим потенциалом. Как особый тип методологии, он предполагает вычленение общефилософского, общенаучного и специально-научного уровней, а также рассмотрение соответствующего каждому из них понятийного аппарата, основных принципов и функций.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

3.4.2.1 Принцип системности. Понятие системной методологии. Принцип системности понимается как универсальное положение о том, что все предметы и явления мира – это системы различных типов и видов целостности и сложности. Задача субъекта-исследователя – обнаружить систему, вскрыть ее связи и отношения, описать, типологизировать и объяснить их. Иногда используют метод эпистемологической интерпретации, когда «системность» рассматривается именно как принцип, неотделимый от теоретических установок субъекта-наблюдателя, его способности представить, сконструировать объект познания как системный. На современном этапе системность предстает как способ видения объекта и стиль мышления, сменивший механистические представления и принципы интерпретации. Соответственно складывается особый язык, включающий такие философские и общенаучные понятия, как системность, отношение, связь, элемент, структура, часть и целое, целостность, иерархия, организация, системный анализ и многие другие.

Принцип системности объединяет и синтезирует несколько идей и представлений: системности, целостности, соотношения части и целого, структурности и «элементарности» объектов, универсальности, всеобщности связей, отношений, наконец, развития, поскольку предполагается не только статичность, но и динамичность, изменчивость системных образований. Как один из ведущих и синтезирующих философских принципов, он лежит в основе *системного подхода* – общенаучной междисциплинарной и частнонаучной системной методологии, а также социальной практики, рассматривающих объекты как системы. Он не является строгой теоретической или методологической концепцией, но как совокупность познавательных принципов позволяет фиксировать недостаточность внесистемного, не целостного видения объектов и, расширяя познаваемую реальность, помогает строить новые объекты исследования, задавая им характеристики, предлагает новые схемы их объяснения. Он близок по ориентированности *структурно-функциональному анализу* и *структурализму*, которые, однако, формулируют достаточно «жесткие» и однозначные правила и нормы, обретая соответственно черты конкретных научных методологий, например, в области структурной лингвистики.

Главное понятие системной методологии – *система* – получило серьезную разработку как в методологических исследованиях, так и в *общей теории систем* – учении о специально-научном исследовании различных типов систем, закономерностей их существования, функционирования и развития.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Система составляет целостный комплекс взаимосвязанных элементов; образует особое единство со средой; обладает иерархичностью: представляет собой элемент системы более высокого порядка, ее элементы в свою очередь выступают как системы более низкого порядка. От системы следует отличать так называемые неорганизованные совокупности. Их примерами служат случайное скопление объектов, субъектов, нагромождение старых книг в библиотеке или архиве, файлов и несистематизированной информации в ЭВМ и т. д., т. е. когда отсутствует внутренняя организация, связи случайны и несущественны, нет целостных, интегративных свойств, отличных от свойств отдельных фрагментов.

Особенность социальных и технических систем – передача информации и осуществление процессов управления на основе различных типов «целеполагания». Разработаны различные – эмпирические и теоретические – классификации систем, выявлены их типы.

Из различения этих двух типов систем следует, что понятие *элемента* не является абсолютным и однозначно определенным, поскольку система может расчленяться разными способами. Элемент – это «предел возможного членения объекта», «минимальный компонент системы», способный выполнить определенную функцию.

К фундаментальным задачам, решаемым в сфере становления и развития методологии системного исследования, относятся следующие: построение понятий и моделей для системного представления объектов, разработка приемов и аппарата описания всех параметров системы: типа связей, отношения со средой, иерархии строения, характера управления, построение формализованных (знаковых, идеальных, математических) систем для описания реальных системных объектов и возможности применения правил логического вывода.

В конкретных науках на уровне специальной методологии осуществляются системные разработки с использованием конкретных методов, приемов системного анализа, применяемых именно для данной области исследования. Системная постановка проблемы предполагает не просто переход на «системный язык», но предварительное выяснение возможности представить объект как целостность, вычленить системообразующие связи и структурные характеристики объекта и т. п. При этом всегда возникает необходимость выяснить *предметную соотнесенность*, т.е. соответствие понятий, методов, принципов данному объекту в его системном видении и в сочетании с методами других наук, например, приложим ли к системно представленному объекту математический аппарат и каким он должен быть. Ряд методологических

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

требований относится к описанию элементов объекта, в частности, оно должно осуществляться с учетом места элемента в системе в целом, поскольку от этого существенно зависят его функции; один и тот же элемент необходимо рассматривать как обладающий разными параметрами, функциями, свойствами, проявляющимися различно в соответствии с иерархическими уровнями или типом системы. Объект как система может быть плодотворно исследован только в единстве с условиями ее существования, окружающей средой, его структура понимается как закон или принцип соединения элементов. Программа системного исследования должна исходить из признания таких важных особенностей элементов и системы, как порождение особого свойства целого из свойств элементов и, в свою очередь, порождение свойств элементов под воздействием свойств системы как целого. Эти общеметодологические требования системного подхода могут быть дополнены его конкретными особенностями в современных науках.

Системная методология получила новые импульсы в своем развитии при обращении к *самоорганизующимся системам* или, иначе, при представлении объекта как самоорганизующейся системы, например, головного мозга, сообщества организмов, человеческого коллектива, экономической системы и других. Системы этого типа характеризуются активным влиянием на среду, гибкостью структуры и особым «адаптивным механизмом», а также непредсказуемостью – могут менять способ действия при изменении условий, способны обучаться, учитывать прошлый опыт. Обращение же к сложноорганизованным эволюционирующим и неравновесным системам вывело исследователей к принципиально новой теории самоорганизации – синергетике, возникшей в начале 70-х гг. XX в. (термин ввел немецкий физик Г. Хакен от греческого *sinergeia* – содействие, сотрудничество), сочетающей системно-информационный, структуралистский подходы с принципами самоорганизации, неравновесности и нелинейности динамических систем.

3.4.2.2 Принципы системного подхода при проектировании технических объектов. Современная методология проектирования технических объектов базируется на системном подходе [106]. Технический объект (ТО) при системном подходе рассматривается как сложная система, состоящая из взаимосвязанных, целенаправленно функционирующих элементов и находящихся во взаимодействии с окружающей внешней средой. Это позволяет учесть множество факторов, влияющих на его функционирование, и обеспечить создание конкурентоспособного технического объекта.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Важнейшее требование системного подхода заключается в необходимости рассматривать существование и функционирование технического объекта во времени и в пространстве. Описание существования объекта во времени приводит к понятию жизненного цикла, а в пространстве – к понятию внешней среды, с которой взаимодействует объект в процессе функционирования.

При системном подходе рассматривается техническая система, в которую входят *объект проектирования* и *внешняя среда*.

Сложность и взаимосвязанность процессов жизненного цикла требует глубокого и целенаправленного их изучения и моделирования. Для этого широко используются компьютерные технологии. Одним из основных компонентов этих технологий является математическое моделирование, которое применяется на всех стадиях жизненного цикла. Особенно целесообразно и эффективно его применение на стадии функционального проектирования технического объекта.

Целью функционального проектирования является выбор структуры объекта и определение параметров составляющих его элементов. *Структура* объекта – это упорядоченное множество элементов и их отношений. *Параметр* – это величина, характеризующая свойство или режим работы объекта или его отдельных элементов.

Технический объект при системном подходе рассматривается как система, состоящая из взаимодействующих элементов, составляющих упорядоченное множество. Структура ТО характеризуется качественным и количественным составом элементов, их взаиморасположением в пространстве и взаимодействиями во времени [106]. Качественное различие элементов определяется их физическими свойствами. Количественно физические свойства элементов выражаются некоторыми скалярными величинами, называемыми параметрами элементов.

При математическом моделировании процессов функционирования ТО его физические свойства отображаются динамической моделью. *Динамическая модель* – это абстрактное графическое отображение физических свойств ТО объекта и источников воздействий внешней среды. Структура динамической модели образует некоторую комбинацию взаимодействующих элементов. Элементы наделяются соответствующими физическими свойствами. Способ построения динамической модели и свойства выделяемых в ней элементов зависят от степени абстрагирования при описании физических свойств ТО. Различают три уровня абстрагирования: микроуровень, макроуровень и метауровень.

На *микроуровне* объект рассматривается как сплошная среда, ограниченная некоторой поверхностью, по которой осуществляется его

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

взаимодействие с внешней средой. Математические модели микроуровня – системы дифференциальных уравнений в частных производных. Это наиболее сложные модели. Применяются они при конструкторском проектировании для анализа нагрузок и деформаций ответственных деталей машин сложной конфигурации при сложных режимах нагружения с целью выбора оптимальных размеров и геометрических форм деталей.

На *макроуровне* физические свойства объекта отображаются совокупностью дискретных элементов, выделяемых из сплошной среды. Физические свойства элементов зависят от метода дискретизации. Наиболее часто используют *метод сосредоточенных масс* [106]. При использовании этого метода выделяют некоторые абстрактные материальные субстанции, наделяя их определенными физическими свойствами. Такими субстанциями являются: сосредоточенные массы, эквивалентные массам соответствующих частей технического объекта, и элементы, лишенные массы (невесомые), отображающие характер взаимодействия сосредоточенных масс.

Сосредоточенные массы отображают инерционные свойства дискретных абсолютно твердых тел, выделяемых при моделировании технического объекта и учитываемых при построении его динамической модели. Количество сосредоточенных масс равно числу степеней свободы технической системы, отображаемых динамической моделью. Каждая сосредоточенная масса отображает элементарное движение твердого тела – поступательное или вращательное. В этой связи при моделировании сложного движения твердого тела количество сосредоточенных масс, отображающих его инерционные свойства, равно числу степеней свободы этого тела. *Сосредоточенные массы – это инерционные элементы динамической модели объекта*. Они обладают способностью накапливать кинетическую энергию. Кинетическая энергия системы равна сумме кинетических энергий всех инерционных элементов. Взаимодействие сосредоточенных масс в динамической модели осуществляется посредством упругих, диссипативных, фрикционных и трансформаторных элементов. *Упругие элементы* отображают упругие свойства объекта и обладают способностью накапливать потенциальную энергию. *Диссипативные элементы* отображают свойства диссипации (рассеивания) энергии. *Трансформаторные элементы* отображают безынерционные преобразования параметров потока энергии, осуществляемые техническими устройствами, называемыми трансформаторами. *Фрикционные элементы* отображают физические свойства фрикционных механизмов ТО.

Таким образом, на макроуровне структуру технического объекта и его физические свойства можно представить соответствующим

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

упорядоченным множеством дискретных элементов. Для объекта любой физической природы существует всего пять типов простейших элементов, каждый из которых наделен лишь одним физическим свойством. Математические модели макроуровня – системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Такие модели обычно используют при функциональном проектировании машин и механизмов.

На *метауровне* применяют простые модели, устанавливающие некоторые зависимости (функциональные, регрессионные и др.) между параметрами объекта и внешней среды.

Методология автоматизированного проектирования базируется на системном подходе, использующем *принципы декомпозиции, иерархичности, итеративности, локальной оптимизации и комплексного осуществления всего процесса проектирования*. В [106] рассмотрено применение этих принципов при функциональном проектировании технических объектов на макроуровне.

Принцип декомпозиции предполагает блочное структурирование технического объекта по функциональным признакам. Объект при этом последовательно расчленяют на некоторые блоки. Вначале выделяют крупные блоки, составляющие верхний уровень иерархии, затем каждый блок расчленяют на более мелкие блоки, входящие в следующий уровень, и т. д. вплоть до неделимых элементов (деталей), составляющих нижний уровень иерархии. Например, блоки верхнего иерархического уровня автомобиля: двигатель, трансмиссия, ходовая часть и др. В трансмиссию входят блоки: сцепление, коробка передач, карданная передача, главная передача, дифференциал. Каждый из них может быть, в свою очередь, расчленен на более мелкие блоки. С другой стороны, ТО и выделяемые по функциональным признакам блоки могут быть структурированы по степени абстрагирования (при описании их физических свойств) и отнесены к одному из трех рассмотренных выше уровней: метауровню, макроуровню или микроуровню.

При функциональном проектировании автомобиля и его механизмов обычно используется блочная декомпозиция, но все блоки различного уровня иерархии, выделенные по функциональным признакам, относятся к одному и тому же уровню иерархии по степени абстрагирования, а именно, к макроуровню. В этом случае для математического описания их физических свойств используются математические модели одного и того же класса и представляют собой системы обыкновенных дифференциальных уравнений или, в частных случаях, – системы алгебраических уравнений.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

В зависимости от последовательности проектирования объектов различных уровней различают нисходящее и восходящее проектирование. В первом случае вначале определяют параметры объекта проектирования на верхнем уровне, а затем – параметры блоков нижнего уровня, т.е. элементов объекта. Во втором случае последовательность проектирования объекта и составляющих его элементов противоположная. Восходящее проектирование используется для объектов, которые можно создавать из имеющегося набора типовых элементов, образующих типоразмерные ряды, из которых выбирают наиболее подходящие, обеспечивающие выполнение заданных технических требований к объекту.

В автомобилестроении получили применение оба вида организации процесса проектирования. В связи с относительно слабым развитием типоразмерных рядов автомобильных механизмов при создании новых машин приходится почти всегда разрабатывать те или иные механизмы. Поэтому практически одновременно осуществляется как восходящее, так и нисходящее проектирование. При нисходящем проектировании вначале определяют основные параметры автомобиля, затем – блоков первого уровня декомпозиции, второго уровня и т. д. вплоть до отдельных деталей. Так как элементный состав объекта (автомобиля) и выделяемых на каждом уровне иерархии блоков различен, то, естественно, различаются и их параметры. При этом параметры каждого блока составляют некоторое множество, которое частично пересекается с множествами параметров других блоков, а также с множеством параметров проектируемого объекта. Поэтому возникает проблема оценки результатов проектирования и принятия проектных решений на каждом уровне иерархии. Это приводит к необходимости определения и согласования целей проектирования объекта и его отдельных элементов.

При системном подходе цели проектирования всех элементов должны быть подчинены конечной цели – обеспечения высоких показателей эффективности и качества процессов функционирования создаваемого технического объекта. Поэтому наряду с блочной декомпозицией объекта необходима декомпозиция критериев оценки эффективности проектных решений. Разнородность критериев на различных уровнях и неоднозначное их влияние на конечный результат вынуждают многократно поочередно повторять проектные процедуры для всех блоков, т.е. реализовать *итеративный принцип*.

Отмеченные особенности множеств параметров технического объекта и его элементов требуют введения соответствующей классификации параметров.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

В соответствии с принципом декомпозиции технический объект или любой его элемент (блок) называют *объектом проектирования*. Для объекта проектирования различают внутренние и выходные параметры [106]. *Внутренние параметры* – это параметры элементов, из которых состоит объект проектирования. Они количественно характеризуют физические свойства элементов. *Выходные параметры* характеризуют свойства объекта проектирования, т.е. его способность обеспечивать эффективное выполнение заданного алгоритма функционирования в конкретных условиях внешней среды. Выходные параметры представляют собой *показатели качества и эффективности объекта*. Они зависят от физических свойств объекта, определяемых его структурой и внутренними параметрами, а также от параметров внешней среды, характеризующих ее воздействия на объект. Параметры внешней среды называют *внешними параметрами*.

Проектирование технического объекта на любом уровне декомпозиции предполагает определение внешних, внутренних и выходных параметров.

При переходе от одного иерархического уровня проектирования к другому внутренние параметры предыдущего уровня могут быть выходными для последующего уровня и наоборот. Покажем это на примере проектирования трансмиссии автомобиля.

При функциональном проектировании трансмиссии АТС решаются задачи синтеза кинематической схемы (синтеза структуры трансмиссии) и определения параметров зубчатых зацеплений всех ее механизмов, т.е. внутренних параметров трансмиссии. Оценка результатов проектирования трансмиссии осуществляется по выходным параметрам. Выходными параметрами трансмиссии являются передаточные числа всех механизмов трансмиссии. Но эти механизмы являются элементами структуры автомобиля в целом. Следовательно, выходные параметры механизмов трансмиссии – это внутренние параметры автомобиля. Их определение осуществляется при проектировании автомобиля, а при проектировании трансмиссии они используются в качестве критериев эффективности, так как они определяют технические требования к трансмиссии. В этом заключается сущность принципа локальной оптимизации.

Таким образом, при функциональном проектировании трансмиссии необходимо вначале осуществить функциональное проектирование автомобиля и определить его внутренние параметры. Так как автомобиль включает множество функциональных механизмов (двигатель, трансмиссию, подвеску, тормозную систему, рулевое управление и др.), то его проектирование также осуществляется на основе принципа

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

декомпозиции. При этом выделяемые блоки относятся к одному и тому же иерархическому уровню, так как отображают физические свойства автомобиля в целом. Однако поскольку каждый из этих блоков отображает определенный комплекс функциональных свойств, то при их моделировании необходимы различные математические модели, а при оценке результатов проектирования используются различные критерии. Так, при определении параметров трансмиссии (передаточных чисел) используются показатели тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля. Эти показатели относятся к выходным параметрам автомобиля и используются в качестве критериев эффективности при определении передаточных чисел трансмиссии, являющихся в данном случае внутренними параметрами автомобиля.

Рассмотрим вкратце формирование внешних параметров для приведенного примера. Внешняя среда для автомобиля включает дорогу, воздушную среду, источник энергии и механизмы управления. Внешняя среда создает на автомобиль возмущающие и управляющие воздействия. Характеристики этих воздействий определяются параметрами среды, т. е. внешними параметрами. Например, воздействия дороги определяются следующими параметрами: коэффициентом сопротивления качению; коэффициентом сцепления колес с дорогой; продольным и поперечным уклонами дорожного покрытия; параметрами микропрофиля дороги; радиусами кривизны дороги в плане. Энергия, необходимая для движения автомобиля, получается в результате сжигания топлива в цилиндрах двигателя. Водитель посредством органов управления формирует управляющие воздействия на механизмы автомобиля.

Внешней средой для конкретного механизма трансмиссии являются взаимодействующие с ним другие механизмы автомобиля и механизмы управления. Эти механизмы преобразуют воздействия внешней среды на автомобиль и передают их на проектируемый механизм трансмиссии. Следовательно, параметры внешней среды, воздействующей на данный механизм трансмиссии, отличаются от параметров внешней среды, в которой функционирует автомобиль. Кроме того, исследуемый механизм трансмиссии может подвергаться непосредственным управляющим воздействиям водителя или системы автоматического управления.

3.4.3 Технологии автоматизированного проектирования[1]**.** Технологии автоматизированного проектирования основываются на принципах системного подхода и предусматривают широкое использование ЭВМ. Типовой маршрут проектирования применим на любом иерархическом уровне проектирования [106]. Основные процедуры

[1] Разделы 3.4.3–3.4.6 написаны проф. В. П. Тарасиком

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

маршрута: формирование технического задания на объект проектирования; генерирование варианта структуры объекта (синтез структуры); формирование математической модели; выбор исходных значений внутренних параметров объекта (параметров элементов); оптимизация внутренних параметров; оценка результатов оптимизации; принятие проектного решения; оформление технической документации.

Техническое задание на проектирование объекта данного иерархического уровня разрабатывается на основе использования результатов проектирования на предыдущем, более высоком иерархическом уровне. В техническом задании указываются технические требования на выходные параметры объекта, приводятся значения внешних параметров и пределов их возможного изменения.

Синтез структуры объекта обычно осуществляется путем перебора возможных вариантов, так как формализовать и автоматизировать процедуру синтеза в большинстве случаев весьма сложно и проблематично. Варианты структуры объекта либо генерируют посредством различных эвристических методов, либо используют из базы данных для существующих объектов.

Каждый вариант структуры требует построения новой математической модели и формирования для нее комплекса исходных данных. Разработка математической модели сложного технического объекта требует высокой квалификации проектировщика и значительных затрат времени. Поэтому возникает необходимость разработки таких методов моделирования, которые позволяли бы полностью формализовать и автоматизировать процесс построения модели. Один из таких методов разработан проф. В. П. Тарасиком. Это – *структурно-матричный метод математического моделирования* [106]. Информация об объекте проектирования вводится в ЭВМ в виде нескольких типовых матриц. Составляются матрицы инциденций, трансформаторных и фрикционных элементов, параметров элементов всех типов, параметров источников внешних воздействий, параметров нелинейных элементов. Разработано программное обеспечение, реализующее структурно-матричный метод моделирования.

Исходные значения внутренних параметров элементов объекта либо определяются по известным простейшим функциональным зависимостям, либо выбираются по информации о существующих аналогах, либо принимаются на основе опыта и интуиции проектировщика. Процесс проектирования любого технического объекта предполагает оценку эффективности проектных решений и поиск наилучшего варианта или нескольких допустимых альтернативных вариантов. Следовательно,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

проектирование по своей сущности носит оптимизационный характер. Поэтому одной из основных процедур маршрута проектирования является процедура оптимизации параметров. Ее выполняют для каждого блока, выделяемого при декомпозиции технического объекта. При этом реализуется *принцип локальной оптимизации*.

Сущность локальной оптимизации заключается в том, что на каждом уровне декомпозиции применяются свои критерии оптимальности и осуществляется оптимизация лишь некоторой части параметров технического объекта, относящихся к внутренним параметрам проектируемого блока. Критериями при этом являются выходные параметры блока, представляющие собой параметры элементов объекта. В свою очередь, внутренние параметры проектируемого блока – это выходные параметры его элементов, получаемых при дальнейшей декомпозиции блока. В результате оказывается, что при проектировании любого элемента объекта используемые критерии получены как результат оптимизации параметров более крупного блока. По существу декомпозиция объекта приводит к декомпозиции критериев. Следовательно, критерии на всех уровнях декомпозиции объекта взаимосвязаны и подчинены конечной цели – достижению высоких показателей эффективности и качества функционирования технического объекта.

Под **оптимизацией** понимается процесс поиска наилучшего варианта решения некоторой задачи в условиях множества альтернатив. При проектировании технических объектов нужно найти их структуру и параметры, обеспечивающие наилучшее сочетание показателей качества и эффективности. При этом возникает проблема формализации понятия «наилучший». Для выбора наилучшего варианта среди определенного множества необходимо сформулировать некоторое правило предпочтения. Основой такого правила может быть однозначная численная характеристика объекта, представляющая собой скалярную функцию. Эта характеристика содержательно отображает цель поиска, в связи с чем ее называют *целевой функцией*. Она позволяет количественно выразить качество объекта и поэтому называется также *функцией качества*. Таким образом, в основе построения правила предпочтения лежит целевая функция [106].

Задача параметрической оптимизации технического объекта заключается в поиске параметров, при которых целевая функция достигает экстремального значения. *Параметры объекта, доставляющие экстремум целевой функции, называются оптимальными.*

Исходная формулировка задач оптимизации носит обычно

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

вербальный характер. Постановка задачи оптимизации заключается в формализации понятия «оптимальный». Для этого проектировщик должен быть высококвалифицированным специалистом в данной предметной области и вместе с тем владеть современными методами математического программирования.

Процедура постановки задачи оптимизации носит неформальный характер и включает следующие этапы: выбор критериев оптимальности, формирование целевой функции, выбор управляемых параметров, назначение ограничений, нормирование управляемых и выходных параметров.

Задачи проектирования технических объектов характеризуются большим количеством оптимизируемых параметров и наличием ограничений, накладываемых на параметры [106]. Математическая формулировка такой задачи имеет вид:

$$\begin{gathered}\text{extr } F(\vec{X}),\\ \vec{X} \in \vec{X}_{\text{р}}\end{gathered} \tag{3.1}$$

где $F(\vec{X})$ – целевая функция;

$\vec{X}$ – вектор управляемых (оптимизируемых) параметров технического объекта;

$\vec{X}_{\text{р}}$ – вектор, определяющий область работоспособности, задаваемую ограничениями.

Различают прямые и функциональные ограничения.

Прямые ограничения накладываются на управляемые параметры:

$$x_{\text{н}i} < x_i < x_{\text{в}i},\ i = \overline{1, N}, \tag{3.2}$$

где $x_{\text{н}i}$ и $x_{\text{в}i}$ – нижнее и верхнее граничные значения управляемого параметра x_i;

N – количество прямых ограничений на параметры $\vec{X}$ ($N \le n$, где n – размерность пространства управляемых параметров).

Функциональные ограничения подразделяются на два вида: ограничения-неравенства и ограничения-равенства, описываемые функциями

$$\vec{\varphi}(\vec{X}) > 0; \tag{3.3}$$

$$\vec{\psi}(\vec{X}) = 0, \tag{3.4}$$

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

где $\vec{\varphi}(\vec{X}) = \lfloor \varphi_j(\vec{X}) \rfloor$, $j = \overline{1, L}$ – вектор-функция ограничений-неравенств;

$\vec{\psi}(\vec{X}) = [\psi_k(\vec{X})]$, $k = \overline{1, M}$ – вектор-функция ограничений-равенств;

L и M – количество функций ограничений-неравенств и ограничений-равенств, соответственно.

Прямые ограничения выделяют допустимую область $\vec{X}_{\text{д}}$ в пространстве управляемых параметров $\vec{X}$. Функциональные ограничения сужают эту область. В результате поиск оптимального решения ограничивается областью $\vec{X}_{\text{р}}$, называемой *областью работоспособности объекта*. В этой области обеспечивается его нормальное функционирование. Искомый экстремум целевой функции в этой области называется *условным экстремумом*, а его поиск составляет задачу *многопараметрической условной оптимизации*. Оптимизации подлежат внутренние параметры объекта $\vec{X}$, а в качестве критериев оптимальности используются его выходные параметры $\vec{Y}(\vec{X})$ – показатели эффективности и качества. На основе выбранных критериев осуществляется формирование целевой функции $F(\vec{X})$.

Основная проблема постановки задачи оптимизации заключается в выборе критериев и формировании целевой функции. Выбор критериев оптимальности требует глубокого понимания сущности решаемой задачи. Всесторонняя оценка эффективности и качества объекта возможна при использовании множества критериев, т. е. *векторного критерия*. Задача проектирования в этом случае становится *многокритериальной*.

Векторный критерий создает проблему формирования целевой функции. Сложность ее обусловлена не только большим количеством используемых критериев, но и их характером. Обычно улучшение одного из критериев приводит к ухудшению других критериев. Такие критерии называются *конфликтными*. Если определить оптимальные параметры объекта по каждому из критериев в отдельности, то они окажутся различными. Поэтому при наличии векторного критерия возможно лишь некоторое компромиссное решение, которое в наибольшей мере отвечает задачам проектирования.

Принципы, положенные в основу формирования целевой функции в многокритериальной задаче оптимизации, определяют стратегию ее решения. Стратегию характеризует способ объединения вектора критериев оптимальности $\vec{Y}(\vec{X})$ в скалярную целевую функцию $F(\vec{X})$. Различают следующие виды стратегий решения многокритериальных задач оптимизации: *стратегия частного критерия; стратегия взвешенной*

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

аддитивной компенсации противоречий критериев; стратегия мультипликативной компенсации противоречий критериев; минимаксная стратегия.

При решении многокритериальных задач наиболее эффективна *минимаксная стратегия*. Она позволяет осуществить поиск оптимально-компромиссного решения, обеспечивая при этом максимальное удовлетворение технических требований, предъявляемых к объекту проектирования. В основе минимаксной стратегии лежит идея равномерности, суть которой заключается в выравнивании всех нормированных критериев оптимальности

$$y_j(\vec{X})/Y_j^0 \to B;\ j=\overline{1,m},$$

где $y_j(\vec{X})$ – значение *j*-го критерия оптимальности;

Y_j^0 – коэффициент нормирования *j*-го критерия;

B – некоторое вещественное число;

m – количество принятых критериев.

Рекомендуется принимать $Y_j^0 = T_j$, где T_j – значение параметра технического требования, предъявляемого к выходному параметру y_j.

Для реализации минимаксной стратегии применяют два способа формирования целевой функции.

При использовании первого способа должны быть заданы технические требования на выходные параметры T_j и допускаемые интервалы их изменений. Вводятся количественные оценки степени выполнения технических требований $S_j(\vec{X})$, определяемые по формуле

$$S_j(\vec{X}) = \left[T_j - y_j(\vec{X})\right]/\delta_j, \tag{3.5}$$

где $y_j(\vec{X})$ – значение *j*-го критерия оптимальности, вычисляемое на каждом шаге процесса поиска оптимальных параметров $\vec{X}$;

δ_j – интервал допустимого изменения *j*-го критерия.

Условия выполнения технических требований к объекту проектирования должны иметь вид неравенств

$$y_j < T_j,\ j=\overline{1,m}. \tag{3.6}$$

Для учета значимости критериев оптимальности вводятся коэффициенты штрафа $b_j \geq 1$.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Выражение целевой функции имеет вид

$$F(\vec{X}) = \min_{j \in [1:m]} \left[b_j S_j(\vec{X}) \right] \to \max. \tag{3.7}$$

Из выражения (3.7) следует, что в процессе поиска решения на каждой итерации выявляется минимальная функция $\left[b_j S_j(\vec{X}) \right]$ и осуществляется ее максимизация. Отсюда и наименование стратегии поиска – минимаксная.

В начальном периоде поиска рекомендуется принять $b_j = 1$ для всех критериев. При запуске алгоритма оптимизации осуществляется целеенаправленное перемещение отображающей точки с координатами $\vec{X}$ в фазовом пространстве, что приводит к изменениям оценок $S_j(\vec{X})$. Так как критерии обычно конфликтны, то увеличение одних оценок сопровождается уменьшением других. Согласно выражениям (3.5) и (3.7), целевая функция на *i*-й итерации алгоритма оптимизации определяется только одним критерием $y_j(\vec{X})$, для которого в данной точке фазового пространства функция $S_j(\vec{X})$ минимальна. При этом используется алгоритм безусловной оптимизации, обеспечивающий последовательное увеличение $S_j(\vec{X})$. В результате происходит постепенное выравнивание всех оценок $S_j(\vec{X})$, $j = \overline{1,m}$. В некоторой точке фазового пространства может оказаться $S_p(\vec{X}) = S_q(\vec{X})$, где p и q – номера критериев. В этом случае вводится функция ограничения $\psi(\vec{X}) = S_p(\vec{X}) - S_q(\vec{X}) = 0$ и осуществляется переход к алгоритму условной оптимизации. При этом улучшаются одновременно обе оценки $S_p(\vec{X})$ и $S_q(\vec{X})$. По окончании поиска можно учесть значимость критериев $y_p(\vec{X})$ и $y_q(\vec{X})$ и менее значимому назначить штраф, приняв значение коэффициента штрафа более единицы. Продолжение поиска обеспечивает улучшение оценки более значимого критерия за счет некоторого ухудшения менее значимого.

Следует отметить относительную сложность алгоритма оптимизации при использовании целевой функции (3.7). Он включает две фазы, поочередно сменяемые в процессе поиска: фазу безусловной оптимизации и фазу условной оптимизации. В первой фазе используется метод наискорейшего спуска, а во второй – метод проекции градиента. В [106] дано более детальное изложение алгоритма рассмотренного варианта минимаксной стратегии.

Применение целевой функции (3.7) требует очень тщательного обоснования назначаемых технических требований к объекту, так как

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

результат поиска существенно зависит от выбора значений T_j и δ_j для всех критериев $y_j(\vec{X})$. Поэтому для успешного решения задачи оптимизации проектировщик должен обладать глубокими профессиональными знаниями и опытом.

Возможен второй способ формирования целевой функции, реализующий минимаксную стратегию [106]. В этом способе целевая функция имеет вид:

$$F(\vec{X}) = \sum_{j=1}^{m} c_j \left[\frac{y_j(\vec{X}) - y_{j.\text{extr}}}{y_{j\,\max} - y_{j\,\min}} \right]^2 \to \min, \qquad (3.8)$$

где $\vec{X}$ – вектор оптимизируемых параметров;

m – количество критериев оптимальности;

$y_j(\vec{X})$ – j-й критерий оптимальности;

$y_{j\,\min}, y_{j\,\max}$ – минимальное и максимальное значения j-го критерия, достигаемые в области варьирования управляемых параметров $\vec{X}$;

$y_{j.\text{extr}}$ – экстремальное значение j-го критерия (при максимизации функции $y_j(\vec{X})$ принимается $y_{j.\text{extr}} = y_{j\,\max}$, а при минимизации – $y_{j.\text{extr}} = y_{j\,\min}$);

c_j – коэффициент веса, характеризующий значимость j-го критерия: $c_j > 0$.

Значения c_j выбираются из условия

$$\sum_{j=1}^{m} c_j = 1. \qquad (3.9)$$

При использовании целевой функции (3.8) обеспечивается минимизация суммы квадратов отклонений критериев $y_j(\vec{X})$ от их экстремальных значений $y_{j.\text{extr}}$. Поскольку значение целевой функции в этом случае определяется в основном теми критериями, отклонения которых от своих экстремумов максимальны, то, в первую очередь, происходит их улучшение, что приводит к выравниванию взвешенных и нормированных отклонений всех критериев. В результате реализуется минимаксная стратегия и обеспечиваются наилучшие приближения всех критериев к их экстремальным значениям. В этом состоит преимущество целевой функции (3.8) по сравнению с целевой функцией (3.7). Однако подготовка исходных данных для формирования целевой функции гораздо сложнее, чем в первом способе. Необходимо предварительно провести

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

сканирование фазового пространства с целью оценки минимальных и максимальных значений всех критериев $y_{j\min}, y_{j\max}, j=\overline{1,m}$. При этом должны быть заданы границы фазового пространства, определяемые минимальными и максимальными значениями оптимизируемых (управляемых) параметров, т. е. $x_{i\min}$ и $x_{i\max}$, $i=\overline{1,n}$, где n – размерность фазового пространства. Обоснованный выбор $x_{i\min}$ и $x_{i\max}$ также представляет собой проблему и вызывает определенные затруднения.

Наиболее удобно и целесообразно использовать целевую функцию (3.8) при наличии регрессионной математической модели объекта проектирования, устанавливающей зависимости между принятыми критериями и оптимизируемыми параметрами. В этом случае $x_{i\min}$ и $x_{i\max}$ известны из проведенного эксперимента, а значения $y_{j\min}$ и $y_{j\max}$ сравнительно легко вычисляются по уравнениям регрессий, включенных в математическую модель объекта.

В любом алгоритме оптимизации выполняется процедура анализа (рисунок 3.4), которая заключается в том, что на каждой итерации (каждом шаге поиска) решается система уравнений, составляющих математическую модель технического объекта, и по результатам их решения определяются показатели качества и эффективности. Исходная теоретическая модель объекта обычно представляет собой систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений высокого порядка. Порядок системы уравнений n достигает, как правило, нескольких десятков, а иногда и свыше сотни, что приводит к значительному времени интегрирования. В процедуре оптимизации выполняются сотни итераций, поэтому время поиска оптимального решения может составлять значительную величину. Очевидно, что такой путь решения проектных задач малоэффективен и практически неприемлем.

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета под руководством проф. В. П. Тарасика разработана и успешно используется методика построения математических моделей, используемых при оптимизации параметров автомобиля в задачах функционального проектирования [105, 106]. Методика решения оптимизационных задач позволяет значительно сократить временные затраты и может быть широко использована в компьютерных технологиях функционального проектирования различных технических систем. Данная методика при заданной структуре объекта проектирования включает следующие этапы:

1) составление динамической модели, отображающей физические свойства технической системы, включающей проектируемый объект и внешнюю среду;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

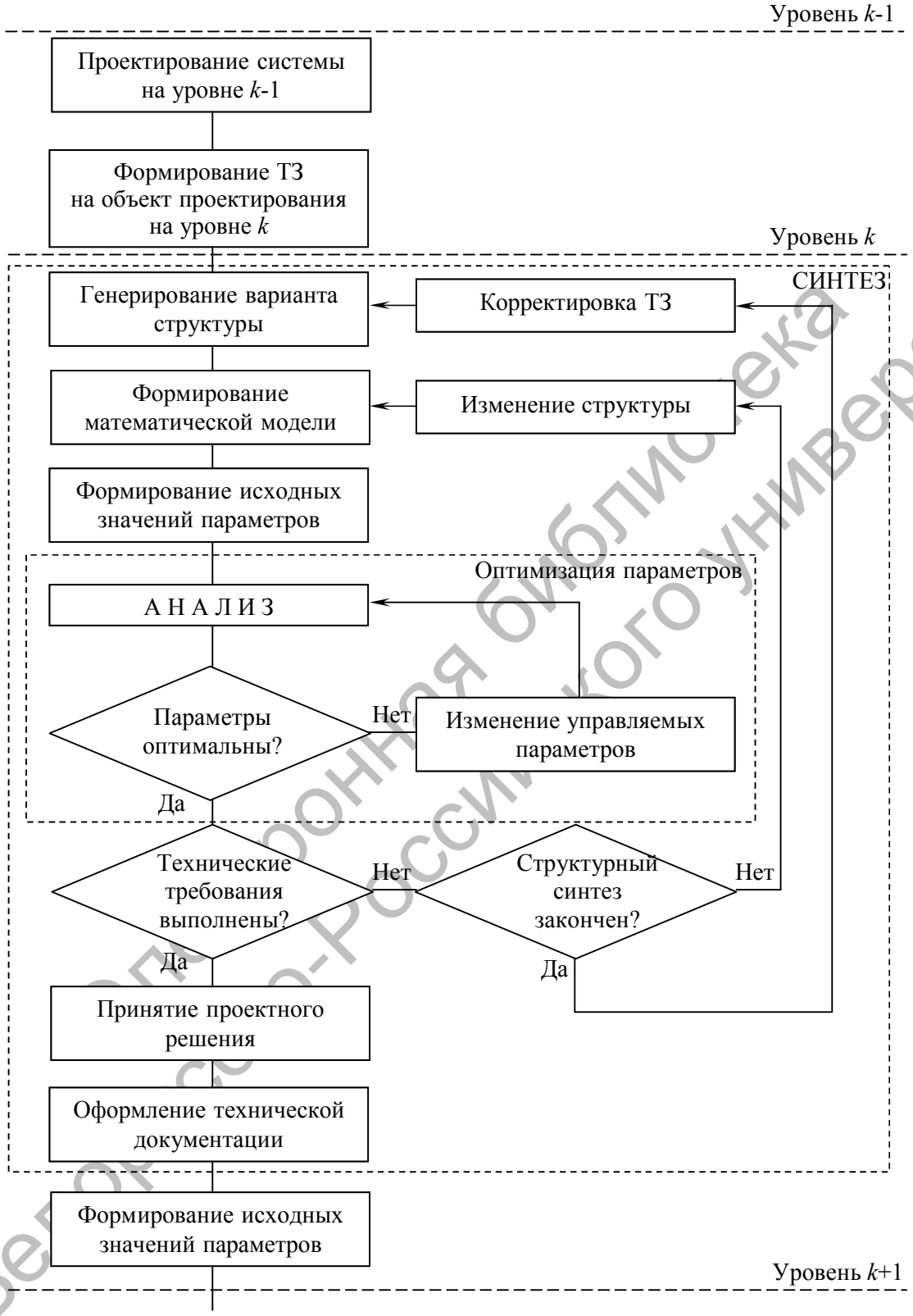


Рисунок 3.4 – Схема типового маршрута проектирования технического объекта

Белорусско-Российского университета

2) построение математической модели технической системы на основе структурно-матричного метода моделирования;

3) обоснование и выбор критериев оптимальности и составление функционалов, выражающих зависимости критериев от фазовых координат, внутренних и внешних параметров технической системы;

4) проверка адекватности модели – при наличии аналога проектируемого объекта (сравнение производится по выходным параметрам, принимаемым в качестве критериев оптимальности);

5) выбор внутренних параметров объекта, подлежащих оптимизации (на основе анализа чувствительности критериев к варьированию оптимизируемых параметров);

6) планирование и проведение многофакторного вычислительного эксперимента на теоретической математической модели;

7) построение регрессионной модели, устанавливающей зависимости между выходными параметрами (критериями) и оптимизируемыми внутренними параметрами объекта;

8) проведение оптимизации параметров объекта на основе регрессионной модели.

Отметим еще один аспект проблемы решения оптимизационных задач. Типовой маршрут проектирования предусматривает возможность выбора варианта структуры объекта. Но сравнивать альтернативные варианты структур следует лишь после определения их оптимальных параметров. Обычно анализируют ограниченное количество вариантов, а иногда поиск заканчивают, если найден вариант, удовлетворяющий заданным техническим требованиям. Такое проектное решение называют *допустимым*.

Опыт выполнения проектных работ на основе компьютерных технологий показывает, что результаты проектирования и принимаемые проектные решения зависят от очень многих факторов объективного и субъективного характера [116]. В частности, значительная роль отводится лицу, принимающему решение (ЛПР). Математическое моделирование и получаемые на его основе результаты сравнительного анализа большого количества альтернативных вариантов позволяют принимать наиболее эффективные проектные решения и создавать технические объекты с высокими показателями эффективности и качества.

3.4.4 Технология функционального проектирования автотранспортного средства. Создание нового автомобиля осуществляется на основе системного подхода и включает ряд взаимосвязанных этапов: разработка концепции автомобиля; разработка

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

технического задания; функциональное, конструкторское и технологическое проектирование [116]. Схема, отображающая этапы системного проектирования, показана на рисунке 3.5.

Рисунок 3.5 – Этапы системного проектирования автомобиля

Функциональное проектирование является важнейшим этапом, так как при этом определяются структура и основные параметры автомобиля, его механизмов и систем. Цель функционального проектирования – обеспечение высокого технического уровня и конкурентоспособности автомобиля. Она достигается обоснованным выбором концепции, уровнем разработки технического задания и используемой методологией выполнения проектных процедур. Основные этапы технологического

Белорусско-Российский университет

процесса функционального проектирования, выполняемые проектные процедуры и решаемые задачи отображены на рисунке 3.6.

Концепция автомобиля и содержание технического задания определяются на основе маркетинговых исследований, научно-технического поиска, прогнозирования и технико-экономического анализа. При разработке технического задания основное внимание уделяется формированию комплекса требований на показатели эксплуатационных свойств автомобиля. Выполнение этих требований должно быть обеспечено прежде всего на этапе функционального проектирования. Качество результатов функционального проектирования предопределяет эффективность, технический уровень и конкурентоспособность автомобиля.

Эксплуатационные свойства автомобиля подразделяются на функциональные и потребительские (рисунок 3.7). К первым относятся тягово-скоростные и тормозные свойства, свойства устойчивости, управляемости, маневренности, проходимости, плавности хода и виброзащищенности. Ко вторым относятся свойства, характеризующие топливную экономичность, стоимость, престижность, надежность, безопасность, эргономичность, комфортабельность, экологичность, эстетичность. При функциональном проектировании автомобиля используются лишь показатели функциональных свойств и топливной экономичности.

Тягово-скоростными свойствами автомобиля называют совокупность свойств, определяющих возможные по характеристикам двигателя или сцепления ведущих колес с дорогой диапазоны изменения скоростей движения и предельные интенсивности разгона автомобиля при его работе на тяговом режиме в различных дорожных условиях.

Тормозные свойства – совокупность потенциальных свойств автомобиля, характеризующих способность интенсивного снижения скорости, поддержания постоянной скорости на уклонах, обеспечения устойчивого прямолинейного движения в процессе торможения, надежного удержания автомобиля в покое.

Топливной экономичностью называют совокупность свойств, определяющих расходы топлива при выполнении автомобилем транспортной работы в различных условиях эксплуатации.

Устойчивостью называют совокупность свойств автомобиля, характеризующих его способность сохранять заданное направление движения и ориентацию продольной и вертикальной осей при регламентированных воздействиях внешней среды.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 3.6 – Этапы технологического процесса функционального проектирования автомобиля

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 3.7 – Эксплуатационные свойства автомобиля

Управляемостью называют совокупность свойств автомобиля, характеризующих его способность подчиняться управляющему воздействию водителя, направленному на сохранение или изменение направления движения.

Маневренность – совокупность свойств, характеризующих возможность автомобиля изменять заданным образом свое положение на ограниченной площади в условиях, требующих движения по траекториям большой кривизны с изменением направления, в том числе и задним ходом.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Проходимость автомобиля – комплексное свойство, характеризующее его подвижность и эффективность использования в сложных дорожных условиях.

Плавность хода – совокупность эксплуатационных свойств автомобиля, характеризующих его способность двигаться в заданном интервале скоростей, обеспечивая ограничения в пределах установленных норм вибронагруженности водителя, пассажиров, грузов и конструктивных элементов автомобиля.

Для оценки эксплуатационных свойств автомобиля используется система измерителей и показателей [106]. *Измеритель* характеризует качественную сторону свойства и представляет собой единицу измерения этого свойства (например, скорость, м/с, путь, м, и др.). *Показатель* определяет количественное значение измерителя. Показатель позволяет оценить степень выполнения заданных технических требований на эксплуатационные свойства автомобиля и возможности реализации этих свойств в заданных условиях функционирования.

Из приведенных определений следует, что каждое функциональное свойство автомобиля представляет собой комплексную характеристику и требует для своей оценки применения множества показателей. Показатели, используемые для оценки различных функциональных свойств, существенно различны. Различаются и их зависимости от параметров и характеристик механизмов и систем автомобиля. Влияние механизмов автомобиля на его эксплуатационные свойства отображено на рисунке 3.8.

Моделирование режимов движения автомобиля при оценке полного комплекса показателей эксплуатационных свойств требует различных математических описаний и различных алгоритмов вычислений этих показателей. Следует также отметить, что параметры механизмов автомобиля могут оказывать различное влияние на определяемые показатели функциональных свойств. Кроме того, множество определяемых параметров автомобиля и показателей его функциональных свойств существенно затрудняет решение проектной задачи. Все это приводит в итоге к необходимости декомпозиции объекта проектирования при определении его внутренних параметров. Декомпозиция при этом осуществляется по функциональным признакам, а выделяемые блоки принадлежат к одному и тому же иерархическому уровню.

Исходными данными при проектировании этих блоков являются результаты проектирования автомобиля на самом верхнем иерархическом уровне [116]. Этот уровень иногда называют *внешним проектированием*.

Структурная схема технологии проектирования на этом уровне показана на рисунке 3.9.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

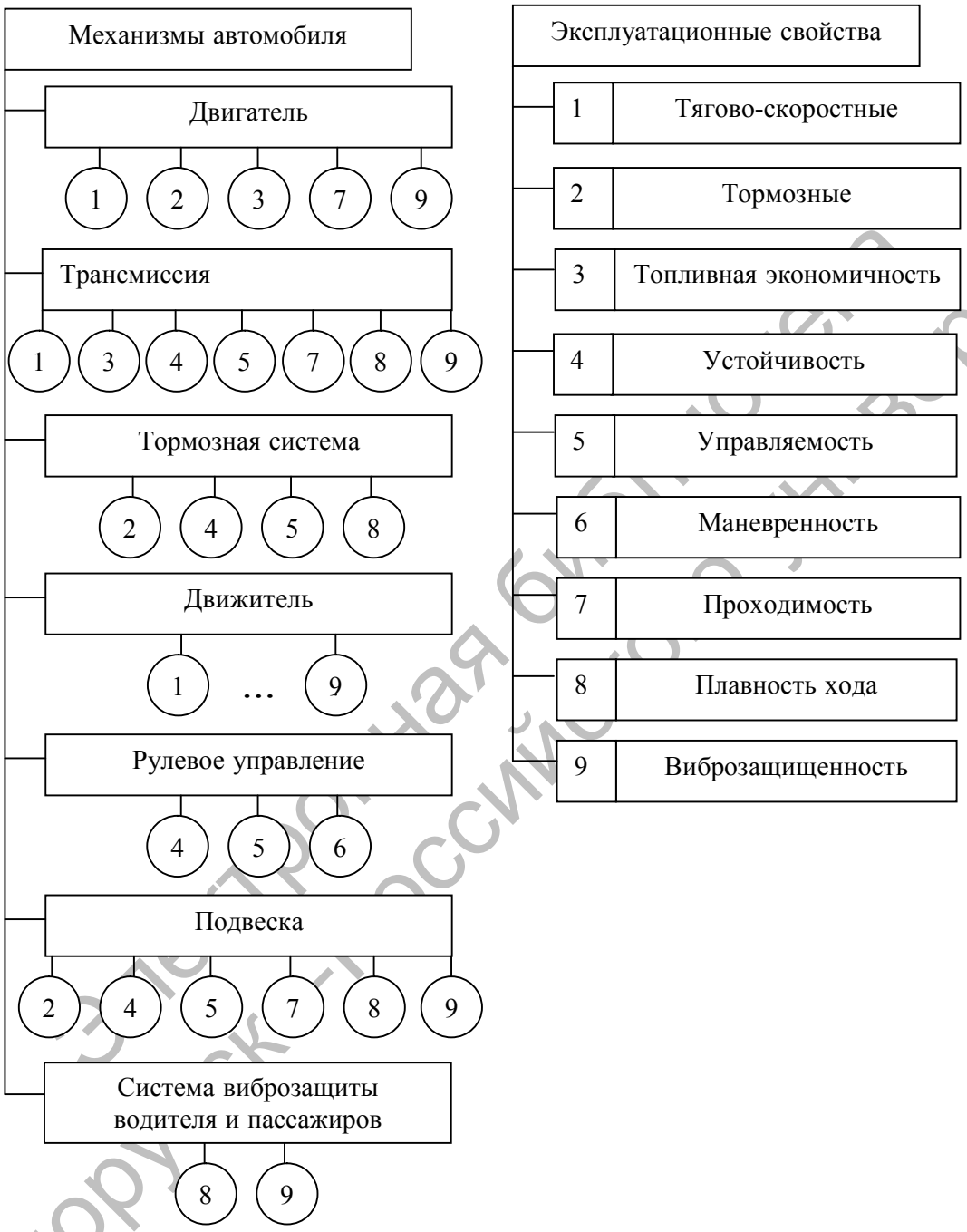


Рисунок 3.8 – Влияние механизмов автомобиля на его эксплуатационные свойства

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 3.9 – Структурная схема процесса проектирования автомобиля на верхнем иерархическом уровне (внешнее проектирование)

Основными задачами проектирования на верхнем иерархическом уровне являются: обоснование необходимости создания автомобиля; разработка концепции автомобиля; разработка технического задания на проектирование.

При обосновании необходимости создания автомобиля учитываются следующие факторы: состояние и прогнозирование развития автомобилестроения; конъюнктура рынка; финансовые возможности предприятия; уровень инвестиций; технологическая оснащенность предприятия; наличие производителей комплектующих изделий с высокими техническими характеристиками; ожидаемые себестоимость изготовления автомобиля и уровень прибыли; сроки окупаемости затрат и возврата кредитов.

Концепция технического объекта охватывает комплекс требований к нему для выполнения его назначения и содержит описание основы функционирования объекта. Концепция автомобиля предполагает формирование технических требований и составление функциональной схемы. На основе принятой концепции разрабатывается техническое задание на проектирование автомобиля.

При разработке технического задания учитываются: назначение автомобиля; характеристики внешней среды (дорожные и климатические условия); характеристики типовых маршрутов и характерных режимов движения; нормативные материалы (стандарты ISO, Правила ЕЭК ООН, ГОСТы); законодательные акты стран, в которых предполагается продажа автомобиля; условия технического обслуживания и хранения. Техническое задание содержит обоснование и выбор главного классификационного параметра автомобиля и его основных массо-геометрических параметров, а также технические требования на показатели эксплуатационных свойств.

Главный параметр – это параметр, наиболее полно выражающий или регламентирующий технические и эксплуатационные свойства автомобиля и остающийся постоянным при технических усовершенствованиях автомобиля. Для грузовых автомобилей в качестве главного параметра принята полная масса автомобиля. Главный параметр легкового автомобиля характеризует его принадлежность к классу и группе внутри класса. Таких параметров два: масса в неснаряженном состоянии (сухая масса) и рабочий объем двигателя. Главный параметр автобуса – полная вместимость. Массо-геометрические параметры автомобилей регламентированы законодательными актами и стандартами (ГОСТ 22748–77).

Принятая концепция и разработанное техническое задание используются на следующем иерархическом уровне для определения

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

выходных параметров механизмов и систем автомобиля. Напомним, что эти параметры являются внутренними параметрами автомобиля и подлежат оптимизации на данном иерархическом уровне. При этом осуществляется блочная декомпозиция по функциональному признаку. На рисунке 3.10 приведена структурная схема декомпозиции автомобиля, на которой выделены блоки – объекты проектирования. В каждом блоке учитывается влияние механизмов автомобиля на показатели эксплуатационных свойств, принимаемые в качестве критериев при определении выходных параметров этих механизмов.

Из рисунка 3.10 видно, что параметры одного и того же механизма оказывают влияние на показатели различных эксплуатационных свойств. В этой связи нужна определенная последовательность решения задач проектирования блоков. Обычно эта последовательность соответствует их расположению в схеме на рисунке 3.10 слева направо. Это позволяет учесть последовательное снижение влияния определяемых параметров на показатели эксплуатационных свойств по мере перехода к следующему блоку. После оптимизации параметров механизма в предыдущем блоке их значения в последующем блоке либо остаются неизменными, либо варьируются в небольших пределах.

В дальнейшем выделенные блоки будем называть по наименованию отображаемых ими эксплуатационных свойств автомобиля.

3.4.5 Технология синтеза выходных параметров двигателя и трансмиссии. Рассмотрим решаемые проектные задачи на примере блока «Тягово-скоростные свойства и топливная экономичность» [116]. В этом блоке определяют выходные параметры двигателя, механизмов трансмиссии и движителя. Структурная схема технологического процесса определения выходных параметров приведена на рисунке 3.11. Двигатель, трансмиссия и движитель в этом блоке рассматриваются как элементы автомобиля, поэтому их выходные параметров являются внутренними параметрами автомобиля, подлежащими определению и оптимизации.

При постановке задач проектирования на данном иерархическом уровне необходимо выбрать критерии оптимальности, назначить ограничения и дифференцировать определяемые параметры механизмов автомобиля.

Искомые параметры разделяют на две группы. В первую группу включают параметры, выбираемые по аналогам или по интуиции проектировщика, а во вторую – параметры, подлежащие оптимизации. Вектор оптимизируемых параметров обозначим $\vec{X}$.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

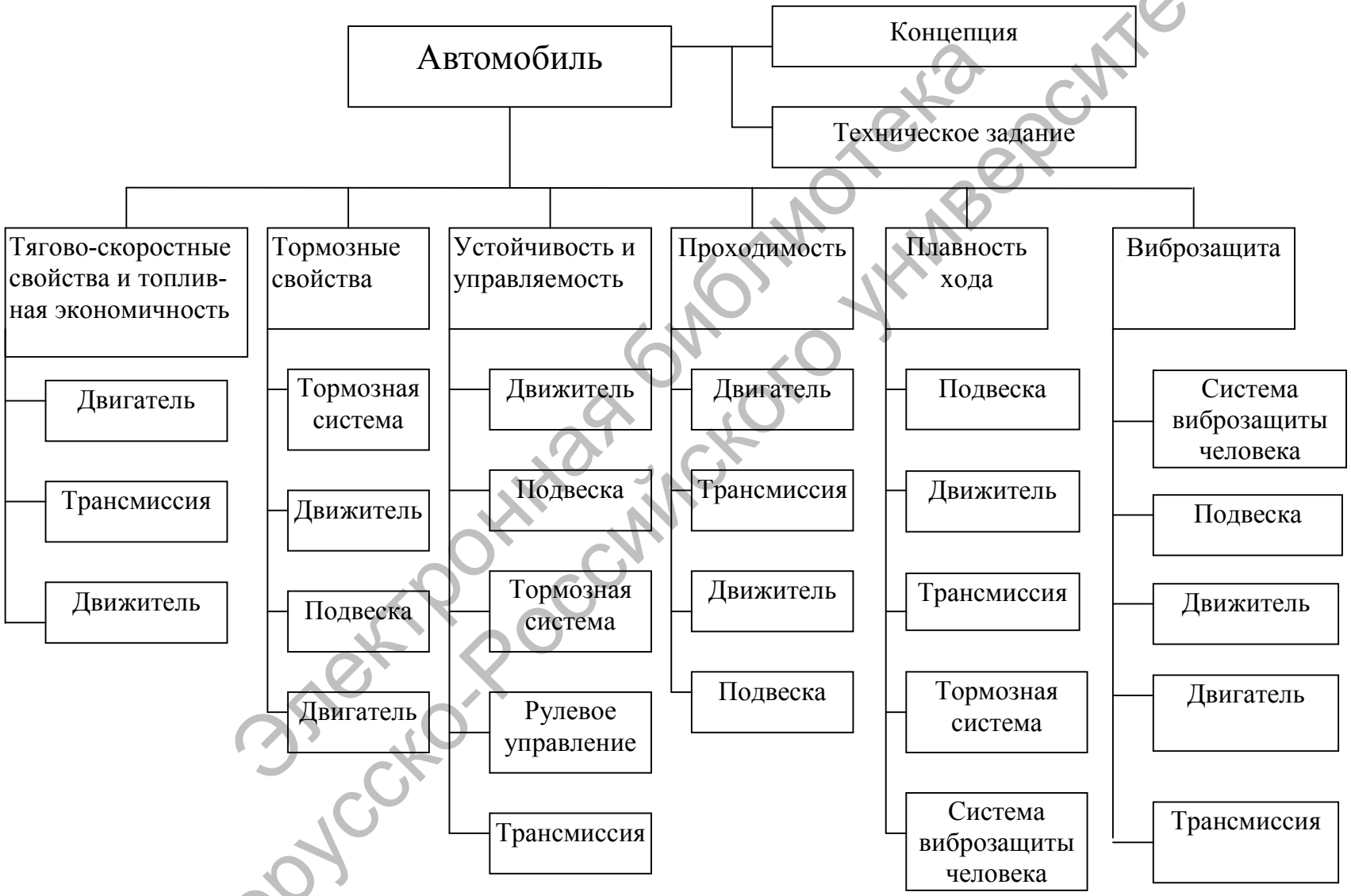


Рисунок 3.10 – Структурная схема блочной декомпозиции автомобиля по функциональным признакам

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

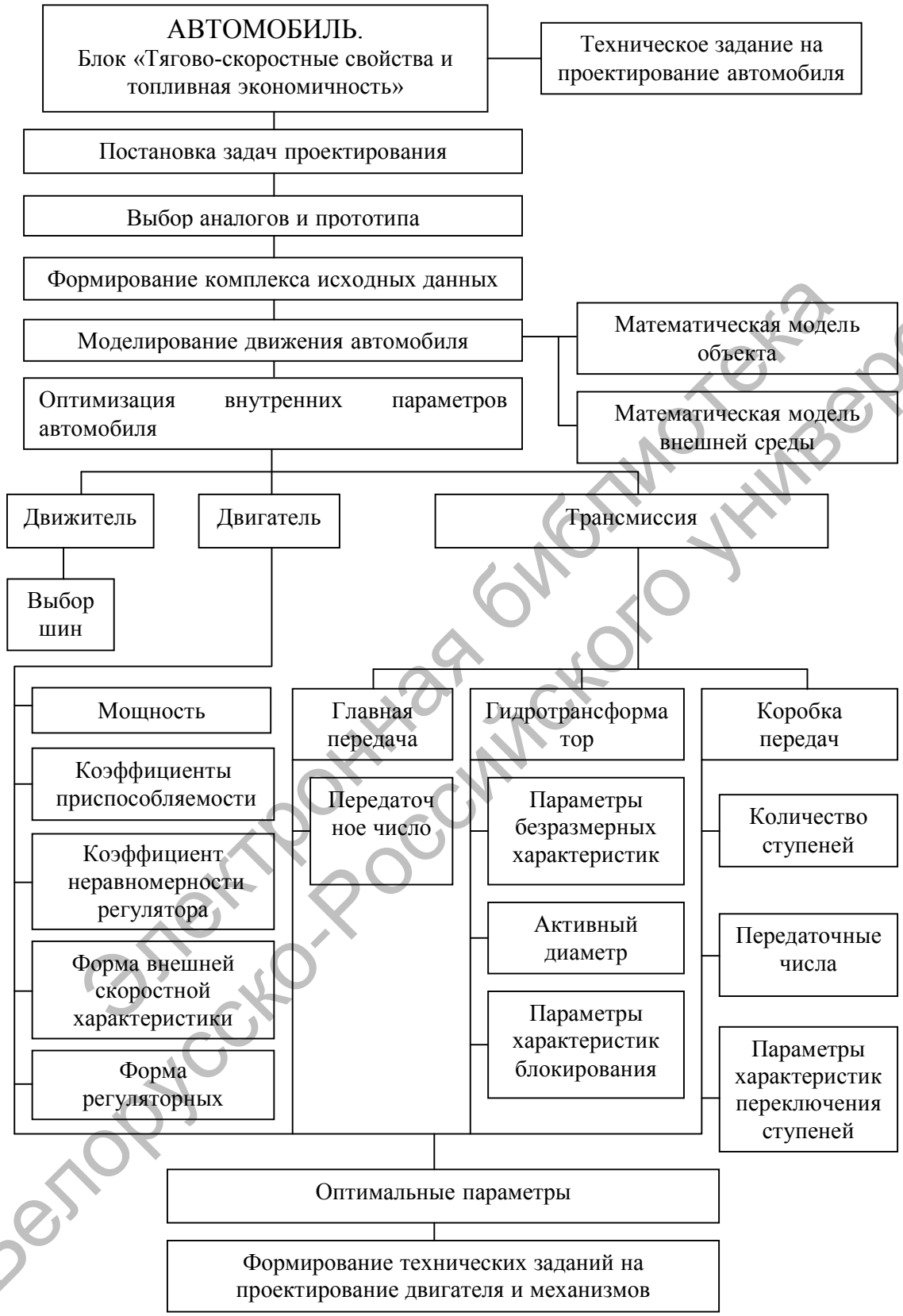


Рисунок 3.11 – Структурная схема технологического процесса определения выходных параметров двигателя, трансмиссии и движителя автомобиля

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

При решении задач оптимизации необходимо задать начальное приближение этого вектора $\vec{X}_0$, т. е. задать некоторые значения всех оптимизируемых параметров. Эти значения можно в принципе задать произвольно. Однако при этом обычно осложняется процесс поиска решения задачи. В теории автомобиля разработаны простые аналитические зависимости, которыми можно воспользоваться для определения основных параметров двигателя и механизмов трансмиссии, принимая полученные значения в качестве начальных приближений.

Выбор критериев оптимальности осуществляют из числа показателей тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля. При этом используют не все показатели, а лишь те, которые в наибольшей мере отвечают поставленной проектной задаче. Остальные показатели используют при назначении ограничений. На их основе формируют функции ограничений. При этом учитывают параметры технических требований на эти показатели, принятые в техническом задании на проектирование автомобиля.

Рассмотрим процесс определения выходных параметров двигателя и трансмиссии.

Для двигателя определяются следующие выходные параметры:

– максимальная (номинальная) мощность $P_{e\max}$ ($P_{e\text{ном}}$);

– коэффициенты приспособляемости по вращающему моменту k_M и по угловой скорости (частоте вращения) коленчатого вала k_ω, определяющие форму внешней скоростной характеристики;

– коэффициенты неравномерности регулятора $\delta_\text{р}$, определяющие наклоны регуляторных характеристик.

Мощность $P_{e\max}$ вычисляют из условия обеспечения максимальной кинематической скорости $v_\max$ в заданных дорожных условиях. Движение автомобиля предполагается на горизонтальном участке дороги с асфальтобетонным покрытием. Полученное значение $P_{e\max}$ принимается в качестве начального приближения.

Начальные значения k_M, k_ω и $\delta_\text{р}$ принимаются по аналогам. Выбирается также угловая скорость коленчатого вала ω_p (или частота вращения n_p), соответствующая $P_{e\max}$. Оптимизации подлежат параметры $P_{e\max}$, k_M и k_ω.

Для главной передачи определяют передаточное число u_0 и по существующим аналогам приблизительно оценивают КПД η_0. Значение

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

u_0 определяют по известной из теории автомобиля формуле из условия обеспечения $v_{\max}$ на высшей передаче в ГМП при угловой скорости коленчатого вала ω_p. Так как $v_{\max}$ задается в техническом задании, то u_0 определяется однозначно. Однако если проектируемый автомобиль предназначен для использования в нескольких существенно различающихся условиях эксплуатации, то может оказаться целесообразным применение ряда главных передач с различными передаточными числами. Тогда значение u_0 подлежит оптимизации применительно к каждому конкретному условию использования автомобиля.

Для гидротрансформатора (ГДТ) определяют: параметры безразмерных характеристик; активный диаметр $D_{\text{а}}$; параметры характеристик блокирования ГДТ. В практике проектирования автомобилей ГДТ либо выбирают из числа имеющихся в производстве, либо создают новый, используя теорию подобия. В обоих случаях при выборе ГДТ учитывают ряд параметров безразмерных характеристик. В число этих параметров входят: максимальные КПД на режиме трансформации момента $\eta_{\text{тн max}}$ и на режиме гидромуфты $\eta_{\text{тн.м max}}$; передаточное отношение при переходе на режим гидромуфты $i_{\text{тн.м}}$; максимальный коэффициент трансформации $K_{\text{тн0}}$; коэффициент трансформации $K_{\text{тнэ}}$ при заданном минимально допустимом эксплуатационном значении КПД $\eta_{\text{тнэ}}$; коэффициент прозрачности *П*.

Активный диаметр ГДТ $D_{\text{а}}$ определяет режимы его совместной работы с двигателем. Поэтому при проектировании нового ГДТ значение $D_{\text{а}}$ подлежит оптимизации.

Так как ГДТ имеет сравнительно низкий КПД, то его используют лишь кратковременно на режимах разгона и для преодоления труднопроходимых участков дорог или в бездорожье. На хороших дорогах после переключения передачи и некоторого разгона автомобиля ГДТ целесообразно блокировать. В этом случае существенно повышается КПД трансмиссии, возрастает средняя скорость и уменьшается расход топлива. В этой связи возникает проблема получения характеристик блокирования ГДТ. Эти характеристики определяют параметры режимов работы двигателя и ГДТ, при которых должен включаться механизм блокирования ГДТ (фрикционная муфта блокировки). Параметры характеристик блокирования подлежат оптимизации.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Для коробки передач определяют следующие параметры: количество ступеней $n_{\text{кп}}$; передаточные числа ступеней $u_{\text{кп}i}, i = \overline{1, n_{\text{кп}}}$; параметры характеристик переключения ступеней.

В начале определяют передаточные числа низшей $u_{\text{кп.н}}$ и высшей $u_{\text{кп.в}}$ ступеней коробки передач. Значение $u_{\text{кп.в}}$ на данном иерархическом уровне проектирования целесообразно принять равным единице. Окончательное его значение определится на следующем иерархическом уровне при проектировании коробки передач в процессе синтеза ее кинематической схемы. Тогда при изменении $u_{\text{кп.в}}$ можно будет скорректировать значение передаточного числа главной передачи u_0. Значение $u_{\text{кп.н}}$ определяют из условия преодоления максимального дорожного сопротивления. Это сопротивление автомобиль должен преодолевать при КПД ГДТ не ниже $\eta_{\text{тнэ}}$.

Далее определяется количество ступеней коробки передач $n_{\text{кп}}$ и передаточные числа промежуточных ступеней $u_{\text{кп}i}, i = \overline{2, n_{\text{кп}} - 1}$. Предполагается, что передаточные числа образуют ряд геометрической прогрессии с показателем q. Значение q выбирается из условия обеспечения удовлетворительного использования мощности двигателя в широком диапазоне изменения параметров, характеризующих условия эксплуатации.

Передаточные числа промежуточных ступеней оказывают влияние на разгонные качества автомобиля, среднюю скорость движения и показатели топливной экономичности. Поэтому их значения подлежат оптимизации. На эти же показатели существенно влияют характеристики переключения ступеней коробки передач. Эти характеристики устанавливают оптимальные условия переключения при различных скоростных и нагрузочных режимах автомобиля. Они определяют значения скоростей автомобиля, при которых необходимо осуществлять переключение, в зависимости от положений педали подачи топлива. Параметры характеристик переключения ступеней коробки передач также подлежат оптимизации. Они используются при разработке алгоритма системы автоматизированного переключения передач.

Полученные в процессе проектирования блока «Тягово-скоростные свойства и топливная экономичность» внутренние параметры автомобиля используются для формирования технических заданий на проектирование механизмов автомобиля. Поскольку эти параметры автомобиля представляют собой выходные параметры его механизмов, то они используются в качестве критериев оптимальности этих механизмов.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Двигатель для проектируемого автомобиля наиболее часто выбирают из числа имеющихся на рынке и рекламируемых различными фирмами, производящими двигатели. Выбор осуществляют с учетом полученных критериев оптимальности. При отсутствии подходящего двигателя возникает необходимость создания нового двигателя.

Аналогично решаются проблемы выбора или проектирования механизмов трансмиссии.

3.4.6 Технология функционального проектирования гидромеханической передачи. Гидромеханическая передача (ГМП) состоит из двух основных частей: трансформатора энергии и системы управления. Трансформатор энергии комбинированного типа. Он включает два механизма: гидродинамический трансформатор (ГДТ) и механический трансформатор (МТ). В системе управления выделяют два блока: блок исполнительных механизмов и блок механизмов формирования управляющих воздействий. К первому отнесем фрикционные элементы управления, источник энергии, механизмы гидропривода включения элементов управления. Во второй блок входит автомат системы управления ГМП, регулирующие и распределительные устройства.

Структурная схема технологического процесса функционального проектирования ГМП показана на рисунке 3.12.

ГДТ представляет собой гидравлическую лопастную машину, состоящую из трех основных элементов: насосного колеса – генератора энергии рабочей жидкости; турбинного колеса – гидравлического двигателя; одного или двух направляющих колес – реакторов. При проектировании ГДТ определяют параметры лопастной системы колес, оценивают расходы рабочей жидкости в круге циркуляции, определяют гидравлические потери, оценивают КПД, определяют необходимый расход прокачиваемой через ГДТ жидкости для отвода тепла, обосновывают и принимают номинальные давления рабочей жидкости на входе и выходе ГДТ. Создание новой модели ГДТ по такой схеме представляет собой очень сложную проблему. Поэтому в автомобилестроении проектирование ГДТ обычно выполняют на основе теории подобия. В этом случае функциональное проектирование завершается на предыдущем, более высоком иерархическом уровне.

Механический трансформатор выполняется в виде механической многоступенчатой коробки передач (КП), состоящей из множества элементов трансформации энергии (ЭТЭ) и множества исполнительных элементов управления (ЭУ), обеспечивающих включение соответствующих ступеней КП.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

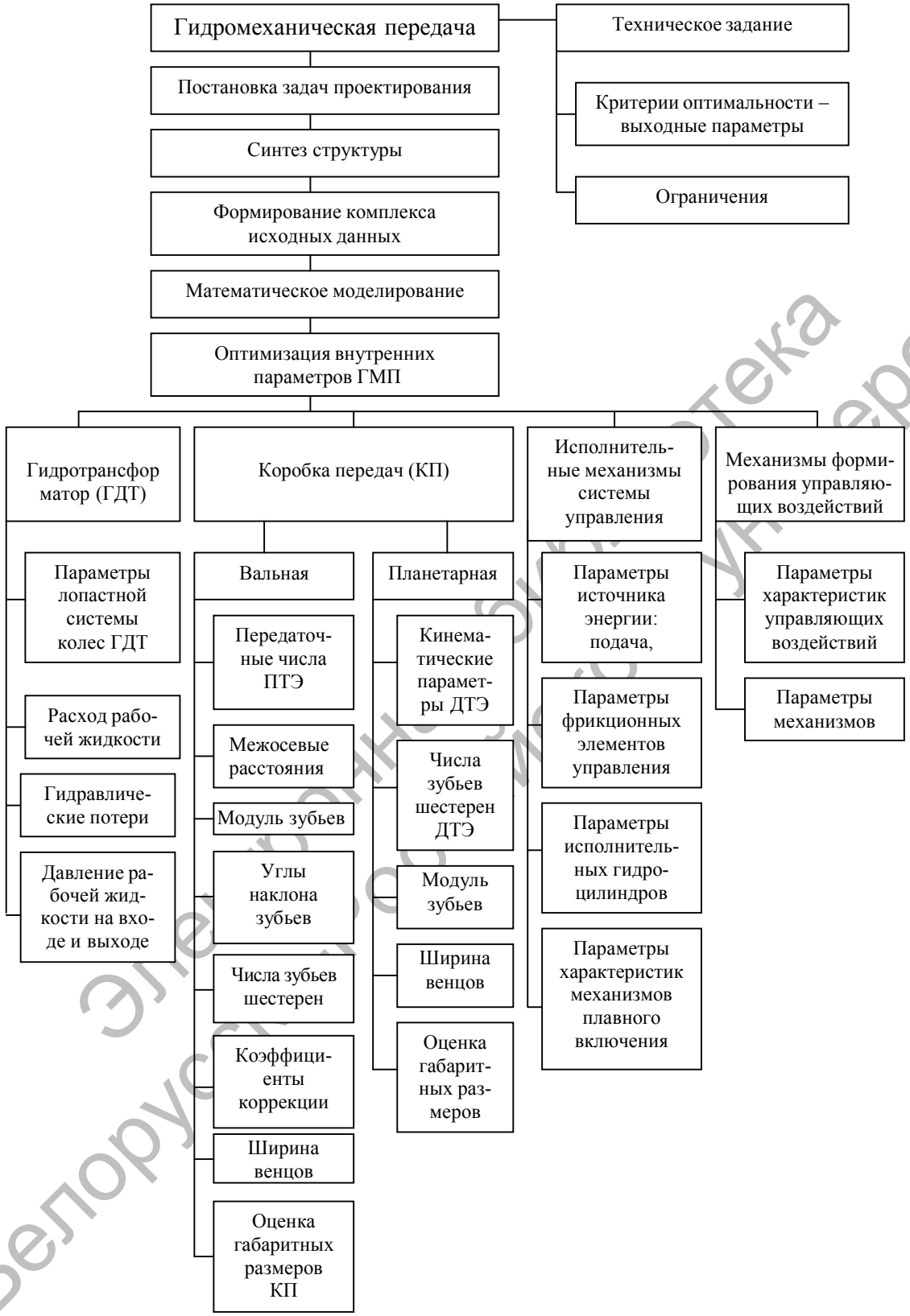


Рисунок 3.12 – Структурная схема технологического процесса функционального проектирования гидромеханической передачи

Электронная библиотека Белорусского национального технического университета

ЭТЭ осуществляют преобразование параметров потока энергии – угловой скорости (переменной типа потока) и вращающего момента (переменной типа потенциала). Преобразующие свойства любого ЭТЭ характеризуются тремя параметрами: передаточным числом u, КПД η и коэффициентом трансформации $K = u\eta$.

Передаточное число определяется отношением потоковой переменной на входе ЭТЭ $\omega_{вх}$ к потоковой переменной на выходе $\omega_{вых}$

$$u = \omega_{вх} / \omega_{вых} \ . \tag{3.10}$$

Коэффициент трансформации равен отношению потенциала на выходе ЭТЭ $M_{вых}$ к потенциалу на входе $M_{вх}$

$$K = M_{вых} / M_{вх} \ . \tag{3.11}$$

КПД характеризует потери в ЭТЭ и определяется отношением мощностей на выходе $P_{вых}$ и на входе $P_{вх}$

$$\eta = \left| \frac{P_{вых}}{P_{вх}} \right| = \left| \frac{M_{вых}\omega_{вых}}{M_{вх}\omega_{вх}} \right| = K/u \ . \tag{3.12}$$

ЭТЭ механической многоступенчатой КП представляют собой зубчатые передачи. Применяются преимущественно зубчатые передачи с цилиндрическими прямозубыми или косозубыми колесами (шестернями). Существует два типа механических зубчатых ЭТЭ, различающиеся между собой количеством основных звеньев и числом степеней свободы. Количество основных звеньев ЭТЭ может быть равно двум или трем. В первом случае число степеней свободы ЭТЭ равно единице, а во втором – равно двум. В двухзвенном ЭТЭ одно звено называют ведущим, а второе – ведомым. Поток энергии передается от ведущего звена к ведомому. В результате ЭТЭ осуществляет однозначное преобразование параметров потока энергии. Такой ЭТЭ называют простым трансформаторным элементом (ПТЭ).

Конструктивно ПТЭ выполняется в виде пары зубчатых колес с внешним зацеплением. Эти колеса и являются его основными звеньями. Они устанавливаются на двух различных валах КП, оси которых неподвижны, и обеспечивают передачу энергии с одного вала на другой. Коробка передач, структура которой представляет собой композицию, составленную из множества ПТЭ, называется вальной. На каждой ступени

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

КП используется один или несколько ПТЭ, что зависит от типа кинематической схемы.

Второй тип ЭТЭ имеет три основных звена и располагает двумя степенями свободы, поэтому возможны различные варианты его использования. Во-первых, можно выбрать одно ведущее звено и два ведомых, или, наоборот, два ведущих и одно ведомое. Но в обоих случаях при фиксированном значении угловой скорости одного из звеньев угловые скорости остальных звеньев могут иметь множество различных значений. Следовательно, этот трансформаторный элемент обладает дифференциальными свойствами и поэтому его называют дифференциальным трансформаторным элементом (ДТЭ). Во-вторых, ДТЭ позволяет изменять число степеней свободы. Если затормозить одно из его звеньев или соединить два любых звена, число степеней свободы уменьшится на единицу и между угловыми скоростями звеньев установится однозначное соотношение.

Основными звеньями ДТЭ являются два центральных зубчатых колеса с совпадающими неподвижными осями и водило, ось вращения которого также совпадает с осями вращений центральных зубчатых колес. Кроме того, ДТЭ содержит дополнительные звенья, называемые сателлитами, которые соединяют между собой центральные колеса и совершают планетарные движения. В результате передача потока энергии от ведущего к ведомому звену ДТЭ обусловлена двумя видами движений сателлитов – относительным и переносным. Переносное движение совершается без потери энергии, что способствует повышению КПД трансформаторного элемента. Обычно ДТЭ содержит 3–4 сателлита, что приводит к снижению нагрузок на зубья центральных колес. Симметричное расположение сателлитов обеспечивает уравновешивание радиальных нагрузок на зубья центральных колес, поэтому практически подшипники опор этих колес и водила не имеют радиальных нагрузок. Все эти преимущества способствуют широкому использованию ДТЭ в различных механизмах трансмиссии, несмотря на то, что конструктивно они сложнее, чем ПТЭ.

Коробка передач, структура которой представляет собой композицию, составленную из множества ДТЭ, называется планетарной.

Проектирование коробки передач включает этапы синтеза кинематической схемы и определения параметров всех ее элементов.

Для вальной коробки передач определяют передаточные числа всех ПТЭ, межосевые расстояния, модули зубьев шестерен, углы наклонов зубьев, числа зубьев шестерен, коэффициенты коррекции, ширину венцов. В планетарной КП обычно используют прямозубые шестерни. При ее

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

проектировании определению подлежат кинематические параметры ДТЭ, модуль зубьев, ширина зубчатых венцов, числа зубьев шестерен.

При проектировании КП принимаются во внимание ограничения, накладываемые на параметры. Эти ограничения устанавливаются из условий обеспечения надежного функционирования всех элементов КП в течение заданного срока службы. Учет ограничений на стадии функционального проектирования обеспечивает необходимые предпосылки для создания конструкции с высокими показателями надежности.

Ограничения на параметры элементов КП наряду с выходными параметрами, полученными на предыдущем иерархическом уровне проектирования, составляют источник формирования технического задания на проектирование коробки передач.

При определении передаточных чисел ПТЭ и кинематических параметров ДТЭ исходят из необходимости получения с минимальными погрешностями значений выходных параметров КП – ее передаточных чисел $u_{\text{КП}i}, i = \overline{1,n}$. Межосевые расстояния a_w, модули зубьев m и ширину венцов b_w определяют с учетом ограничений на величины изгибных и контактных напряжений. Эти ограничения обусловлены свойствами материалов, из которых изготавливают шестерни. При этом также учитывают необходимость обеспечения заданного ресурса работы КП. Углы наклонов зубьев β обусловливают значения осевых нагрузок на подшипники опор валов, поэтому их значения ограничены рекомендуемым интервалом β = 18…28°. Максимальное рекомендуемое значение передаточного числа ПТЭ $u_{\max} \le 3$. Для редко используемых передач допускается $u_{\max} \le 4$. Допустимые пределы выбора кинематического параметра ДТЭ зависят от его кинематической схемы и ограничиваются минимальными допускаемыми значениями чисел зубьев шестерен. Минимальное число зубьев центрального колеса $z = 20$, а сателлита $z = 16$.

В качестве исполнительных механизмов системы управления ГМП применяют многодисковые фрикционные муфты и тормоза. Привод управления включением муфт и тормозов гидравлический. Сжатие пакета фрикционных дисков осуществляется посредством гидравлического исполнительного цилиндра. Источником энергии гидропривода обычно является шестеренный насос. При проектировании элементов управления определяют подачу насоса и номинальное давление рабочей жидкости, параметры фрикционных элементов, параметры исполнительных гидроцилиндров, параметры характеристик механизмов плавного

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

включения фрикционных муфт и тормозов.

Параметрами фрикционных элементов являются: количество пар трения z, радиусы дисков (наружный $r_н$ и внутренний $r_в$), коэффициент перекрытия поверхностей трения ψ, толщины дисков и фрикционных накладок, давление на поверхностях трения q, зазоры между дисками в выключенных состояниях муфт и тормозов.

Выбор параметров фрикционных элементов осуществляют с учетом допускаемых давлений на поверхностях трения, удельной работы и удельной мощности трения, поверхностной и объемной температуры фрикционных элементов. Ограничивается количество дисков и относительная скорость их вращения в выключенном состоянии. Используются рекомендации по выбору оптимальных соотношений геометрических размеров фрикционных дисков и зазоров между ними в выключенных фрикционных механизмах. Все эти ограничения должны быть предусмотрены в техническом задании и использоваться при синтезе кинематической схемы и выборе параметров элементов коробки передач.

Управление переключением передач и блокированием ГДТ осуществляется автоматизированной системой. Одним из основных ее элементов является электронный блок, содержащий микропроцессор. Электронный блок обеспечивает реализацию оптимальных характеристик управления процессами переключений. При проектировании механизмов формирования управляющих воздействий определяются параметры характеристик и параметры механизмов.

На основании технического задания осуществляется постановка задач проектирования механизмов ГМП. Разрабатывается несколько альтернативных вариантов структуры и для каждого варианта выполняется параметрическая оптимизация. Синтез структуры осуществляется с использованием известных методик [116]. Для сравнения синтезированных структурных схем ГМП используется ряд критериев [105, 106, 116]. Ограничения, накладываемые на параметры зубчатых передач и фрикционных механизмов управления, позволяют отбраковать бесперспективные кинематические схемы коробки передач уже на стадии синтеза структуры. После параметрической оптимизации остальных вариантов оставляют несколько наилучших, которые рекомендуется реализовать на стадии разработки эскизного проекта при конструкторском проектировании.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Всякое определение есть ограничение (Спиноза, XVII в.)

4 Проблемы науки в транспортном автомобилестроении

Развитие производительных сил общества неизбежно порождает определенные проблемы в науке. Эти проблемы носят объективный характер. Они постепенно появляются и накапливаются на фоне поступательного развития научно-технического прогресса.

Возникающие проблемы науки требуют немедленного разрешения, иначе они становятся тормозом прогрессивного развития общества.

4.1 Общие проблемы науки и техники. Основные проблемы науки в транспортном автомобилестроении. Проблема автоматизации подвижных объектов

Научно-технические проблемы неизбежно порождаются общефилософскими проблемами, связанными с деятельностью субъектов, целенаправленно использующих достижения научного познания. Основные и наиболее характерные проблемы рассмотрены в первой главе.

Общие проблемы науки в транспортном машиностроении сводятся к следующим.

В области механики транспортных машин: обеспечение надежности и безопасности технических систем, повышение конкурентоспособности продукции транспортного машиностроения.

В области машиноведения: проблемы обеспечения надежности и безопасности машин и механизмов; изучение трения и износа в машинах; теория проектирования, мехатронные системы машин и механизмов; компьютерное моделирование и испытание машин и механизмов; создание новых компонентов машин и оборудования для машиностроительного комплекса; перспективные объекты получения энергии; физико-химические и генетические методы и технологии получения новых веществ и материалов для подвижных объектов, использование нанотехнологий.

В области физико-технических и физико-химических основ процессов получения новых материалов: синтез наноструктурных материалов; изучение структуры и свойств кристаллических и неупорядоченных систем, создание новых магнитных, сегнетоэлектрических, полупроводниковых, сверхпроводящих, квантово-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

электронных и сверхтвердых материалов; новые высокоэнергетические технологии обработки материалов.

В области прикладных научных исследований: новые многофункциональные и специализированные материалы; специальные полимеры и органические материалы; новые неорганические и композиционные материалы; материалы с новыми свойствами, обеспечивающие создание опто-, микро- и наноэлектронных устройств, схемотехнические решения для построения таких устройств; оптические, электронные приборы и оборудование, включая лазерно-оптические оборудование и технологии; аналитическое оборудование и приборы контроля качества и сертификации; опто-, микро- и наноэлектронные системы и устройства; аппаратные и программные комплексы и системы для информационного обеспечения; конкурентоспособные изделия радио-, микро-, нано-, СВЧ-электроники, микросенсорики, лазерно-оптической техники, разработка новых видов научных приборов.

В области прикладной математики в сфере автомобилестроения: математическое и физическое моделирование систем, структур и процессов, информационные технологии, создание современной информационной инфраструктуры.

В области фундаментальных научных исследований: математические модели и их применение к анализу технических систем и процессов; развитие теоретико-методологических основ информатики и информационных технологий; методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики.

В области общенаучных проблем: экологическая безопасность, охрана окружающей среды, эффективное использование и возобновление природных ресурсов, усовершенствование методов мониторинга окружающей среды, прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера; теоретико-методологические основы формирования и функционирования в Республике Беларусь социально ориентированной рыночной экономики.

В соответствии с философской диалектической концепцией проблемы науки и техники неразрывно связаны с противоречиями, которые неизбежно возникают по мере становления нового научного знания в процессе поступательного развития производительных сил общества.

При автоматизации технических объектов выделяют проблемы в области управления и диагностирования. На основе всестороннего анализа традиционных методов и теорий управления и диагностирования можно

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

выделить несколько противоречий, возникших на нынешнем этапе развития научно-технического прогресса.

С одной стороны, появились широкие возможности автоматизации (в частности, в области управления / диагностирования), связанные с развитием и внедрением на технических объектах современных быстродействующих систем, совместимых с портативной вычислительной техникой, появлением развитого программного обеспечения, прикладных средств и программных комплексов. Применение портативного оборудования и оснащение им специализированных диагностических постов существенно ускоряет процесс оценки технического состояния механизмов и позволяет снизить степень субъективного фактора при постановке диагноза.

В то же время возникает существенное противоречие в среде традиционных алгоритмов, методов и средств управления / диагностирования: чем больше объем получаемой диагностической информации, тем длительнее сама процедура диагностирования традиционно используемыми методами и средствами на основе планово-предупредительного подхода. Сюда следует отнести также низкое быстродействие получаемого диагноза, сложности при локализации неисправности, ошибки прогнозирования. А это чревато серьезными последствиями: снижением эффективности технического диагностирования и безопасности. При этом ухудшаются технико-экономические показатели, снижается комфорт, возникают отказы, неисправности и поломки из-за необнаруженных и своевременно не предотвращенных опасных и аварийных ситуаций.

Системы автоматизации, использующие традиционные и порой устаревшие методы, позволяют решать частные диагностические задачи, не обладают оперативностью, не способны функционировать в режиме реального времени, не приспособлены к постоянно изменяющимся условиям. Они не учитывают одновременно многих обстоятельств и ситуаций, не способны подвергать адекватному анализу характеристики механизмов, внешней среды, субъективные факторы, связанные с деятельностью водителя, механика и т. д. И хотя появились новые средства измерения и электронные устройства, это, однако, не решает проблемы в полной мере и требует поиска других подходов.

Проблемы автоматизации подвижных объектов вытекают из глобальных народно-хозяйственных задач по обеспечению конкурентоспособности автомобильной и тракторной техники в условиях современного рынка, повышению ее эффективности и достижению высокого технического уровня [10, 112, 114, 115, 117, 118].

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

4.2 Прикладные задачи науки в транспортном автомобилестроении

Прикладные задачи науки в области транспорта определяются приоритетными задачами науки, которые ставит перед ней правительство с целью стимулирования научно-технического прогресса и роста экономического потенциала страны. Эти задачи соответствуют приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований и отвечают структуре приоритетных направлений научно-технической деятельности Республики Беларусь на ближайшие годы.

К основным и наиболее общим приоритетным направлениям технических научных исследований относятся: ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии производства конкурентоспособной продукции; новые материалы и новые источники энергии; информационные и телекоммуникационные технологии; экология и рациональное природопользование.

Правительством поставлены задачи разработки современных технических и технологических решений, направленных на повышение эффективности производства, применение прогрессивного технологического оборудования, инструментов, а также новых материалов.

Ниже перечислены поставленные перед учеными задачи в области отечественного автомобиле- и тракторостроения:

– ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии производства конкурентоспособной продукции;

– производство автомобильной, карьерной, дорожной техники, автобусов, комбайнов, тракторов, сельскохозяйственной техники, а также дизельных двигателей для них;

– обеспечение технического уровня и надежности конструкции автомобильной техники;

– разработка наукоемких компонентов автомобилей, автобусов, карьерной и дорожной техники;

– технологии искусственного интеллекта и естественного интерфейса человек-машина;

– компьютерные методы анализа и проектирования механических систем машин с заданными ресурсно-функциональными свойствами;

– информационные и телекоммуникационные технологии;

– информационные технологии поддержки процессов жизненного цикла продукции в автомобилестроении;

– обеспечение высокого экологического уровня готовой продукции;

– обеспечение технического уровня и надежности конструкции

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

механизмов автомобиля (двигателей, трансмиссии, ходовой системы и т. д.);

– прогнозирование и достижение равнопрочности механических систем машин большой единичной мощности;

– создание гаммы высокомоментных электроприводов прямого действия для мобильных машин на основе мотор-колес с возбуждением синхронного двигателя от постоянных магнитов из редкоземельных металлов;

– создание концептуальной локальной подсистемы управления электрооборудованием мобильных машин на основе открытой сетевой структуры с распределенной интеллектуальной периферией;

– создание новых конструкционных материалов на основе высокопрочного чугуна и разработка технологических основ получения из них высоконагруженных крупногабаритных деталей; унифицированного комплекса натурных, полунатурных и имитационных испытаний;

– исследование рабочих процессов в механизмах автомобилей; гибридных силовых установок, работающих на водородных топливных элементах;

– разработка алгоритмов и программ анализа надежности гидроприводов машин и гидрораспределительных систем;

– создание мехатронных систем для приводов энергопередающих систем трактора (моторно-трансмиссионной установки, ходовой системы, системы агрегатирования и т. д.);

– разработка программных комплексов для математического моделирования и компьютерной оптимизации рабочих процессов дизельных двигателей, позволяющих рассчитывать процесс сгорания с определением тепловыделения, выбросов вредных веществ;

– создание материалов и комплектующих для двигателей;

– разработка наукоемких компонентов автомобилей, автобусов, карьерной и дорожной техники;

– освоение и внедрение информационных технологий создания новой конкурентоспособной техники и сопровождение ее полного жизненного цикла (CALS-технологии);

– синтез алгоритмов управления мобильными машинами, тракторами и их системами;

– освоение производства сельскохозяйственных машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства;

– создание программ для оптимизации энергопередающих сборочных единиц: фрикционов, тормозов, многоступенчатых коробок передач и редукторов, ведущих и управляемых мостов, гидронавесных

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

систем;

– создание наукоемких компонентов комбайнов, тракторов, сельскохозяйственной техники;

– создание методик и технических средств диагностирования приводов, гидросистем и несущих конструкций энергонасыщенных сельскохозяйственных машин, обеспечивающих в полевых условиях без разборки машины оценку технического состояния и идентификацию неисправности;

– разработка технологии получения отливок, механической обработки поршней из высокопрочного чугуна;

– разработка и освоение типоразмерного ряда унифицированных бортовых электронных модулей, электрических и электрогидравлических исполнительных механизмов для использования в тракторах и другой мобильной технике;

– исследования по созданию гидрообъемных и электрических вариаторов для использования в трансмиссиях тракторов и мобильных машин различной мощности;

– разработка алгоритмов, механизмов и систем управления двигатель – бесступенчатая трансмиссия;

– исследования по снижению шума и вибронагруженности элементов мобильных машин;

– исследования по выбору оптимальных параметров двигателя и трансмиссии;

– исследование и создание износостойких материалов для сельскохозяйственной техники;

– исследования по созданию резинотросовых гусениц для гусеничных тракторов;

– разработка и развитие методов виртуальных испытаний автотракторной и сельскохозяйственной техники;

– исследование и разработка научно-методических основ компьютерного инженерного анализа тракторных конструкций на основе суперкомпьютерных вычислительных систем с использованием отечественных и мировых CAE-систем;

– исследования рабочего процесса двигателей и характеристик топливоподачи, тензометрирования элементов с датчиками угла поворота коленчатого вала, подъема иглы форсунки, датчиками давления в топливопроводах и цилиндрах двигателя;

– диагностика дизельных двигателей на основе микропроцессоров;

– разработка комплексных систем диагностирования дизеля;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

– применение технологии литья гильз цилиндров, обеспечивающей оптимальное соотношение между прочностью износа и кавитационной стойкостью;

– определение параметров рабочего процесса, топливной аппаратуры, газотурбинного наддува, обеспечивающих экологические требования мирового уровня;

– методы и алгоритмы многокритериального управления динамикой и оптимизации параметров ходовых систем мобильных машин;

– создание научных основ получения новых композиционных материалов и материалов с особыми свойствами для использования в автомобилестроении.

Кроме того, поставлены задачи в смежных областях науки и техники, результаты работ которых могут быть использованы в автомобилестроении:

– оптическое и электронное приборостроение;

– получение материалов с новыми свойствами, обеспечивающими создание новых субмикронных микроэлектронных устройств;

– разработка опто-, микро- и наноэлектронных систем и устройств;

– лазерно-оптическое оборудование и технологии;

– методы и средства контроля технологий создания и электропараметров полупроводниковых приборов и электронных схем;

– аналитическое оборудование и приборы контроля качества и сертификации продукции;

– исследование физических, физико-химических и химических явлений и процессов, свойств и характеристик материалов, являющихся основой твердотельных электронных приборов, интегральных микросхем, приборов функциональной опто-, микро- и наноэлектроники;

– разработка новых опто- и радиоэлектронных приборов для промышленности, экологии, систем обработки данных, систем управления качеством, метрологии и сертификации, цифровых радиоизмерительных приборов;

– компьютерные технологии проектирования и производства оптических изделий со специальными свойствами;

– разработка средств микроэлектроники, производство микросхем; полупроводников; оптико-механического и контрольно-измерительного оборудования;

– изучение физических и химических процессов в полупроводниках, тонких слоях и пленках твердого тела и на границах раздела с нижележащими слоями; материалов с новыми свойствами, обеспе-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

чивающими создание субмикронных микроэлектронных устройств;

– разработка принципов схемотехнического построения приборов микро-, опто- и наноэлектроники; научных и физических основ технологии изготовления интегральных микросхем, устройств функциональной, опто- и наноэлектроники и их структурных элементов;

– разработка методов и средств контроля технологии и электропараметров создаваемых полупроводниковых приборов и интегральных схем;

– создание оборудования для производства сверхбольших интегральных схем нового технологического уровня, формирования и переноса изображения; новых технологий процессов сборки и испытаний приборов твердотельной электроники, микро- и наноэлектроники;

– совершенствование работ в области математического моделирования технических систем;

– создание средств радиоэлектроники, производство средств связи; вычислительной техники; оборудования для приема цифровых пакетов программ;

– создание микросхем для построения цифровой телерадиоаппаратуры; систем отображения информации (жидкокристаллические панели, плазменные панели и др.);

– разработка алгоритмов цифровой обработки сигналов систем цифрового телевизионного вещания; создание принципов построения и оборудования для пассивных волоконно-оптических кабельных сетей, принципов и моделей защиты информации в телекоммуникационных сетях;

– разработка новых марок топлива;

– создание новых материалов и новых источников энергии;

– создание новых видов полимерных материалов различного назначения (долговечные пластмассы и полимерные материалы, предназначенные для замены металла в автомобилестроении);

– разработка новых технологий в металлургии и сварке металлов, использование технологий получения широкого спектра материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками методами порошковой металлургии;

– создание высокоинформативных методов и аппаратурных средств для диагностики процессов сварки по комплексу параметров;

– технологии нанесения защитных и упрочняющих металлических порошковых покрытий методами газотермического напыления и индукционного припекания; нанесения защитных полимерных покрытий;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

оксидокерамических упрочняющих покрытий;

– производство материалов для микро- и наноэлектроники; композиционных материалов и материалов с особыми свойствами;

– совершенствование прецизионных технологий;

– создание новых материалов для микро- и наноэлектроники, в том числе керамических и монокристаллических; разработка новых керамических материалов с высокими электрофизическими свойствами и низкими температурами спекания;

– создание прецизионных методов исследования физических свойств твердых тел;

– информационные и телекоммуникационные технологии;

– технологии создания интегрированных систем автоматизации управления технологическими процессами на основе микроэлектронных структур; искусственного интеллекта и естественного интерфейса человек-машина; обработки и распознавания визуальных данных для поддержки принятия решений; контроля и обеспечения безопасности;

– телекоммуникационные технологии и телематические приложения;

– комплексные системы и автоматизация проектирования конструкторско-технологической подготовки производства;

– средства защиты информации и контроля ее защищенности;

– компьютерные методы анализа и проектирования механических систем машин с заданными ресурсно-функциональными свойствами с учетом многочастотного нагружения их механизмов;

– создание интеллектуальных биометрических систем управления мобильными и стационарными объектами и процессами;

– совершенствование экономико-математических моделей, прогнозирование технико-экономических показателей;

– разработка матричных спецпроцессоров на сверхбольших интегральных схемах для обеспечения защиты информации; алгоритмов и программ для многопроцессорной вычислительной техники;

– разработка и создание интеллектуально-организованных автоматизированных систем управления сложными разветвленными многоуровневыми производствами; миниатюрных устройств микроэлектроники, микроэлектромеханики, микрооптоэлектромеханики и микросенсорики на базе алюмооксидной технологии для систем обработки информации; элементной базы высокоскоростных волоконно-оптических систем передачи и обработки информации;

– решение проблем охраны окружающей среды.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Для сферы автомобилестроения перспективно применение новых полимерных материалов и технических решений, технологий порошковой металлургии, прогрессивных технологий литья, сварки, штамповки и окраски; технологий упрочнения и повышения надежности деталей автомобиля, а также использование микролегированных сталей в условиях массового автоматизированного производства. Например, основные направления повышения эффективности в мировом автомобилестроении связаны с широким применением алюминия. Новые технологии в автомобилестроении и применение алюминия для перспективных моделей автомобилей уже широко используются в мировой практике.

Необходимы новые технологические разработки для повышения качества и снижения трудоемкости производства автомобилей.

Перспективны тепловолоконные технологии электрообогрева и нагревательные элементы для производства автокомпонентов.

Целесообразно использовать новые материалы для поршневых колец, а также технологию и универсальное оборудование для хонингования высокоточных отверстий в гильзах и блоках цилиндров.

Важным направлением является применение новых методов спектрометрии для исследований неметаллических материалов (в частности, для исследования причин возникновения течей в различных системах управления).

Подытоживая сказанное, можно отметить, что ставка делается на развитие современных технологических решений, направленных на повышение эффективности производства, по применению прогрессивного технологического оборудования, инструментов, а также новых материалов.

Весьма перспективным направлением является инновационный путь развития автомобильной отрасли, который может обеспечить наибольшую ее эффективность в XXI в. При этом важное значение имеет взаимодействие предприятий отрасли с ведущими вузами и научными организациями.

Многие предприятия имеют богатый опыт такого взаимодействия с различными вузами и научными подразделениями Министерства образования. Однако, учитывая, что ряд проектов носит комплексный характер и в них должны быть задействованы коллективы специалистов различных научных и инженерных направлений, необходимо выстроить наиболее эффективные механизмы взаимодействия предприятия с ведущими научными коллективами. При этом должна быть обеспечена координация крупных научно-технических проектов в области автомобилестроения, включая вопросы разработки и внедрения новых наиболее прогрессивных конструкторских и технологических решений на основе современных механизмов проектного финансирования.

Одной из основных проблем, стоящих перед автомобилестроительной отраслью, является кадровая проблема, которая обострилась в

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

последние годы из-за сокращения притока в отрасль молодых специалистов и специалистов высшей квалификации. Важнейшим условием подготовки высококлассных профессионалов, способных обеспечить технологический прорыв в отрасли, является широкое использование результатов научно-исследовательской и инновационной деятельности в учебном процессе.

На сегодняшний момент в высших учебных заведениях сосредоточена значительная часть научно-технического и инновационного потенциала страна. Многие вузы активно сотрудничают предприятиями автомобилестроения, выполняя большой объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в рамках фундаментальных и поисковых научно-исследовательских программ, а также прямых хозяйственных договоров. В образовательных центрах вузов ведется большая работа по подготовке и переподготовке кадров для этих предприятий.

Необходимо объединение интеллектуальных, финансовых и материальных ресурсов с целью:

– использования научно-технического и инновационного потенциала вузов для решения актуальных проблем автомобильной отрасли отечественной промышленности;

– координации и развития научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и инновационной деятельности вузов; поддержки перспективных исследований, развивающих новые технические идеи в области автомобилестроения;

– выпуска конкурентоспособной, наукоемкой и импортозамещающей научно-технической продукции для производства автомобилей и комплектующих изделий;

– сертификации и аттестации создаваемой научно-технической продукции в соответствии с международными стандартами и нормами, расширения экспортных возможностей высшей школы;

– развития систем качества на предприятиях автомобилестроения и предприятиях-смежниках;

– подготовки специалистов и кадров высшей квалификации для предприятий автомобилестроения, переподготовки и повышения квалификации кадров для автомобильной отрасли;

– обеспечения целевой подготовки кадров в условиях функционирования комплексов вуз-предприятие;

– развития и совершенствования материальной базы учебных центров, осуществляющих подготовку и переподготовку специалистов для предприятий автомобилестроения;

– проведения комплекса мероприятий по пропаганде и популяризации, в том числе среди студентов вузов, деятельности предприятий автомобилестроения в сфере сохранения и приумножения научно-технического потенциала страны, развития наукоемких технологий,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

поддержки и закрепления в стране научной молодежи;

– привлечения ученых высшей школы к разработке научно-обоснованной концепции развития автомобильной отрасли в XXI веке; сохранения и повышения уровня научно-педагогического потенциала вузов.

Одно из перспективных направлений – это создание крупных научно-информационных центров, которые обязаны следить за мировыми тенденциями развития промышленности, на этой основе определять наиболее подходящие направления технической политики государства, предлагать экспертные решения. В результате появится возможность обеспечивать валютные кредиты и займы, вырабатывать рекомендации относительно выдачи лицензий на импорт иностранных технологий, устанавливать нормы ускоренной амортизации для стратегически важных отраслей, обеспечивать достаточно дешевые участки для размещения новых предприятий и т. п.

С экономической точки зрения выделены пять приоритетных направлений: улучшение конкурентных условий, стимулирование инвестиций в автомобилестроение; разработка мер, способствующих трансферу технологий; обновление парка автомобильной техники, соответствующей международным требованиям по экологии и безопасности; повышение уровня обороноспособности государства за счет разработки и выпуска военной автомобильной техники нового поколения, в том числе двойного назначения; развитие государственной экономической поддержки отрасли.

4.3 Автоматизация управления транспортными средствами и их механизмами. Традиционные методы автоматизации, их основные ограничения и недостатки

Автоматизация управления – одно из наиболее перспективных направлений совершенствования конструкций технических систем. Оптимальное управление позволяет существенно повысить показатели эффективности и качества процессов функционирования объектов автоматизации, обеспечить их высокую надежность и безопасность. Особую актуальность это приобретает для объектов массового применения, эксплуатация которых связана с большими материальными затратами, повышенной опасностью для обслуживающего персонала и негативным влиянием на окружающую среду. К числу таких объектов относятся подвижные объекты и мобильные машины: автотранспортные средства (АТС), тракторы, строительно-дорожная техника.

На мобильных машинах с момента их появления началось и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

постоянно расширялось применение различных автоматических устройств, обеспечивающих необходимые режимы работы отдельных механизмов и систем. Однако локальный характер решаемых этими устройствами задач и невозможность комплексного учета всего многообразия факторов, оказывающих влияние на процессы движения машины и функционирование ее элементов, не позволял в полной мере использовать ее потенциальные свойства и обеспечить эффективное управление. Только с развитием и широким внедрением бортовой микроэлектроники появилась возможность решения этой проблемы. Комплекс микропроцессорных средств позволяет выполнять широкий спектр важнейших функций, необходимых для успешной работы автоматизированной системы. В число этих функций входят: управление, регулирование, контроль, защита, безопасность, диагностирование, информация, комфорт, сервис и др.

Комплексная автоматизированная система нуждается в обширном объеме информации, характеризующей работу всех механизмов и систем автомобиля и влияние многочисленных факторов внешней среды. Проектирование такой сложной системы возможно на основе математического моделирования с использованием методов теории автоматического управления, теории вероятностей, регрессионного и корреляционного анализа, теории графов, методов оптимизации, а также привлечением средств новейших технологий, которым посвящены работы [10, 45, 105, 106, 110, 117, 152, 181].

Проектирование современных технических объектов – транспортных средств – задача достаточно сложная и трудоемкая. Она требует применения эффективных технологий, использующих новые технические решения и научные принципы. При этом постоянно растет сумма знаний и количество всевозможной информации, необходимые для эффективного проектирования и эксплуатации создаваемых конструкций, что существенно увеличивает интеллектуальную нагрузку на специалистов-проектировщиков и пользователей.

Любой автоматизируемый технический объект представляет собой сложную, иерархически организованную систему взаимодействующих элементов (подсистем). Эти элементы информационно связаны и целенаправленно функционируют. По своему функциональному назначению объект управления как система может охватывать ряд многозначимых взаимообусловленных аспектов: информационный, энергетический, безопасности, надежности, виброзащиты, облегчения управления и труда оператора и т. д. Каждый из этих аспектов занимает важное

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

место и неразрывно связан с другими аспектами, хотя и имеет разную значимость.

Функционирование объекта управления происходит в условиях внешней среды. Они чрезвычайно разнообразны и определяются множеством различных параметров. Так, только для одного такого технического объекта, как автомобиль, выделяют параметры дорожных, эксплуатационно-технических, природно-климатических характеристик, маршруты и фазы движения, режимы нагружения, различные ситуации, ограничения и т. д. При автоматизации электропривода внешние условия включают режимы работы электропривода, характеристики электрической цепи, характеристики и параметры потребителей и т. д. При автоматизации гидропривода следует учитывать характеристики гидронасосов (подачу, давление), гидромоторов и других гидроаппаратов, характеристики и свойства рабочей жидкости (вязкость, температуру, степень загрязненности), уплотнительных элементов, отслеживать и прогнозировать изменение ресурса и т. д. В этой связи очень важно, чтобы технический объект был хорошо приспособлен к внешней среде. Для этого необходимо одновременно управлять всеми подсистемами объекта.

В автоматизированной системе управления неотъемлемым ее элементом является человек. Поэтому важно учитывать его поведение как элемента системы: непредсказуемость поведения при воздействии на органы управления объектом, психофизиологическое и эмоциональное состояние, степень усталости, квалификацию и навыки. Естественно, что при автоматизации всей системы необходимо не только понимать логику человека, но и осуществлять управление на качественно новом уровне, соответствующем уровню человеческих рассуждений.

Автоматизация того или иного технического объекта представляет собой чрезвычайно сложную проблему и вместе с тем имеет большое народно-хозяйственное и социальное значение. Быстрое решение данной проблемы невозможно в силу ее большой сложности и многогранности, поэтому она требует поэтапного решения. Для того, чтобы добиться решения той или иной проблемы автоматизации на качественно новом уровне, нужны новые подходы и методы.

При автоматизации технических объектов ставятся самые разнообразные задачи: управление энергетическими режимами объекта, его скоростными режимами (например, скоростью автомобиля, электродвигателя, гидромотора или другого механизма), обеспечение контроля, диагностирования и защиты. При этом параллельно решается ряд задач по обеспечению наименьших затрат энергии (снижения расхода топлива или потребления электроэнергии), уменьшению потерь (тепловых,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

механических, гидравлических), снижению износа, предотвращению отказов, обеспечению безопасности и надежности и т. д.

Естественно, что при автоматизации технического объекта и комплексном решении множества различных задач нужно учитывать огромное количество факторов, принимать во внимание всевозможные ситуации и обстоятельства, анализировать большой поток информации. При автоматизации автомобиля следует непрерывно учитывать многочисленные выходные параметры: скорость и ускорение, расход топлива, параметры режимов работы двигателя, трансмиссии, тормозной системы, рулевого управления и др. Необходимо также отслеживать характеристики внешней среды, анализировать различные ситуации, в том числе опасные и аварийные, и контролировать управляющие воздействия водителя.

Система управления, которая учитывала бы такое огромное множество факторов, должна использовать необходимое количество информационных переменных. Процессы функционирования объекта управления носят сложный нестационарный вероятностный характер. Для обеспечения высоких показателей эффективности и качества объекта алгоритм автоматизированной системы управления должен быть адаптивным, самонастраивающимся. Применение классических детерминированных алгоритмов в таком случае исключается. Управляющее устройство должно мгновенно реагировать на все возможные изменения факторов и возмущений и оперативно отрабатывать управляющие воздействия. Но математическая модель объекта управления, внешней среды и логика действий оператора чрезвычайно сложна. Реализация алгоритма САУ на основе такой модели становится неэффективной, т. к. ее функционирование в режиме реального времени невозможно даже при использовании самых современных компьютеров и технических средств.

Возникает проблема разработки новых концепций системы управления, использующих иную теоретическую базу, опирающуюся на фундаментальные научные разработки, существенно отличающиеся от классической теории автоматического управления. Основу такой концепции, обеспечивающей выполнение современных требований к САУ, создают методы *интеллектуальных систем* и новых информационных технологий [39, 79, 84, 117, 120, 126, 144, 153].

Автоматизация технических объектов характеризуются следующими признаками:

– сложностью и многообразием решаемых задач;
– повышенными требованиями к обеспечению безопасности и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

надежности;

– огромным количеством обрабатываемой информации;

– необходимостью адаптации к изменяющимся внешним условиям;

– необходимостью управления объектом в режиме реального времени;

– невозможностью использования только классической теории при моделировании реальных процессов.

Современные технологии в области автоматизации технических объектов базируются на применении *интеллектуальных систем управления* (ИСУ) [80, 105, 117, 121, 185]. Такие системы способны выполнять отдельные интеллектуальные функции человека. Интеллектуальные системы, помимо традиционных функций управления, контроля, защиты и диагностирования, выполняют и дополнительные специфические функции, облегчающие интеллектуальный труд человека: быстрое принятие правильных решений в сложной обстановке, практически мгновенное реагирование на изменения внешних воздействий, непрерывный анализ и оценка текущих ситуаций, прогнозирование и предотвращение экстремальных и непредвиденных ситуаций, выдача оператору советов и рекомендаций по оптимальному управлению объектом и т. д. Без активного освоения современных методов создания ИСУ невозможно создание конкурентоспособных технических объектов.

Одной из специфических особенностей интеллектуальной системы является наличие *базы знаний* (см. подраздел 3.2.3), требующей определенных методов и средств для обработки, представления и использования хранящейся в ней информации. Другой важной особенностью интеллектуальной системы является то, что она *способна на основе полученной извне информации посредством базы знаний сформировать программу управления объектом и найти способ реализации этой программы.*

Для формирования базы знаний необходимо располагать определенным объемом достоверных экспериментальных данных. Их можно получить несколькими способами: например, с помощью группы квалифицированных экспертов (специалистов в конкретной области знаний, инженеров, ученых) либо с помощью проведения комплекса научных исследований. Второй путь формирования базы знаний наиболее достоверный и лишен субъективизма, а иногда, при отсутствии экспериментальных данных, он является и единственно возможным. Естественно, по возможности надо использовать и первый путь, так как он опирается на практические знания и богатый опыт экспертов.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

При построении и использовании САУ, обеспечивающих высокую эффективность АТС, нужно располагать мощным бортовым комплексом. В то же время обрабатывать поступающую в режиме реального времени информацию посредством микропроцессорных компонентов бортовой ЭВМ нецелесообразно и сложно даже для простых объектов. При этом важно избавиться от необходимости текущего моделирования, требующего огромных затрат времени и большой трудоемкости, а использовать другие средства. Именно эти другие средства дают теория искусственного интеллекта и новые информационные технологии, технологии так называемых «мягких вычислений», основанные на теории нечетких множеств, которые стали широко использоваться в современных автоматизированных системах управления в промышленности, транспорте и других областях народного хозяйства.

Таким образом, встает задача научных исследований, позволяющих сформировать характеристики управления АТС и далее произвести их адаптацию к реальным условиям эксплуатации. Для формирования характеристик управления используются математическое моделирование, регрессионный анализ, эксперимент. Далее, располагая полученной информацией и некоторыми функциональными зависимостями, появляется возможность формирования базы знаний будущей ИСУ. Например, при использовании теории нечетких множеств для формирования такой базы знаний надо создать функции принадлежности, описывающие поведение информационных переменных системы управления, и разработать продукционные правила, регламентирующие получение управляющих сигналов.

Данный подход создает предпосылки для разработки комплексной системы, базирующейся на достоверном фактическом материале, и дает возможность избежания моделирования непосредственно в микропроцессорах и сложного программирования микроконтроллеров. В результате обеспечивается как *адаптивное управление* мобильной машиной *в режиме реального времени*, так и *своевременное высокоэффективное определение технического состояния ее механизмов*.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Здравый смысл есть гений человечества (Гете, XVIII в.)

5 Информационные технологии

Процесс извлечения (получения) информации строится на основе упорядоченных последовательных действий по сбору, накоплению, отражению, преобразованию, актуализации данных; такие процессы называются *информационными технологиями* [26]. Они реализуются посредством специальных технических средств и устройств (например, на рабочих местах пользователей – это персональные ЭВМ, в бортовой электронике – бортовые компьютеры, микропроцессоры и т.д.).

Информационные технологии (ИТ) основаны на использовании ЭВМ и представляет собой систему действий по переработке информации, в результате которых получается новый информационный продукт. Принципы информационных технологий 1) интерактивный (диалоговый) режим работы с компьютером; 2) интегрированность (взаимосвязь) с другим ПО; 3) гибкость изменения данных и задач.

ИТ включают совокупность средств, методов и алгоритмов сбора, обработки, анализа и передачи информации, которые реализуются на программном (в виде программного обеспечения) и аппаратном (в виде технических устройств) уровнях. Часть ИТ регламентирована СТБ 982-94.

Новые информационные технологии – это ИТ, базирующиеся на новых, инфологических и компьютерных средствах получения, хранения, актуализации информации, знаний.

Высокие технологии – это технологии качественного изменения состава, характера, методов решаемых задач; технологии эволюции, а не функционирования.

Современные производительные силы и прогресс общества развиваются столь стремительно, что выражение «новые технологии» не совсем корректно, т.к. одна технология приходит на смену другой в течение очень малого срока, исчисляемого считанными месяцами.

В узком понимании новая информационная технология – использование вычислительной техники и систем связи для создания, сбора, передачи, хранения, обработки информации.

Любая технология базируется на научно-теоретическом, инженерно-техническом, программном обеспечении. Само по себе это ядро еще не образует технологию. Для этого оно должно быть интегрировано и поддерживаемо сетевыми пространственно-временными, организационными связями и отношениями.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Традиционная (классическая) информационная технология строится на основе определенных формализуемых, структурируемых интеллектуальных процедур. Причем в новой ИТ эти процедуры начинают осваиваться на новом уровне.

Научный прогресс в обществе возможен только при наличии информации, информационных потоков и обменов в обществе.

Сначала ИТ из-за их сложности, уникальности и дороговизны использовались только в научных центрах и крупных промышленных компаниях. По мере совершенствования, распространения и удешевления ИТ проникли в разные отрасли и стали развивать их и развиваться сами, что привело к развитию потребностей общества.

Новые ИТ бывают следующих базовых типов:

– когнитивные технологии, направленные большей частью на получение, хранение и актуализацию знаний, принятие интеллектуальных решений;

– инструментальные технологии, направленные на использование в качестве инструментария среды для построения других технологий и для их обслуживания;

– прикладные технологии, направленные большей частью на решение проблем некоторой одной или нескольких проблемных областей;

– коммуникативные технологии, направленные на решение проблем связи, коммуникаций, общения.

Такое деление условно, ведь технология может с успехом быть и прикладной, и когнитивной, и инструментальной, и коммуникативной. Такова, например, технология компьютерного моделирования – гипермедиа.

Возможно деление информационных технологий и по сфере использования, например: информационные технологии в науке; информационные технологии в образовании; информационные технологии в проектировании и производстве; информационные технологии в управлении и т. д.

Неотъемлемый элемент любой ИТ – это программное обеспечение (ПО), представляющее собой совокупность программ, написанных на различных языках программирования с привлечением готовых программных продуктов, оболочек (что широко используется в экспертных системах) и т. п.

Классификация ПО: 1) с*истемные программы:* средства контроля и диагностики, ОС, оболочки, драйверы, утилиты, антивирусы; 2) п*рикладные программы:* текстовые и графические редакторы,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

электронные таблицы, системы управления базами данных, программы для создания анимаций и видеофильмов, программы для подготовки презентаций, математические пакеты, программы для статистического анализа данных и моделирования, программы экономического назначения, обучающие программы, электронные словари, энциклопедии, системы автоматизированного проектирования; 3) и*нструментальные системы программирования* для создания новых программ; 4) с*пециальное ПО,* созданное пользователем.

Рассмотрим некоторые информационные технологии, ограничиваясь содержательным их обзором с учетом того, что наиболее важные информационные технологии анализа и синтеза систем – математическое и компьютерное, имитационное моделирование рассматриваются в специальной литературе [106, 135 и др.]. Отметим лишь, что математическое моделирование является «классической» информационной технологией, в отличие от компьютерного моделирования, которое относят к новой технологии.

1 Технология баз данных (БД) и систем управления базами данных (СУБД). База данных – это совокупность данных, упорядоченная для их использования в компьютерах, то есть набор информации, организованный по определенным правилам. В зависимости от способа и технологии представления данных различают три типа структур БД: *иерархические* (например, файловая система), *сетевые* (БД на гиперссылках, в том числе система WWW: World Wide Web) и *реляционные* базы данных (от английского слова «relation» – отношение, связь), состоящие из двумерных взаимосвязанных таблиц.

БД – достаточно большие наборы структурированных данных некоторой предметной области, представленные на электронных носителях и имеющие общую и удобную структуру, единые организационно-методические, программно-технические и языковые средства обеспечения использования данных различными программами пользователей.

Широко используется технология удаленных БД. Она основана на коллективном доступе пользователей к информационным ресурсам, сосредоточенным на едином компьютере, или хост-компьютере, в диалоговом режиме по сетям передачи данных. Информационными продуктами здесь выступают БД разных предметных областей, а также различные директории, рубрикаторы и другие данные, облегчающие пользователю поиск по БД. Информационные услуги предоставляются благодаря наличию разнообразных средств поиска, обработки и выдачи

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

информации. Информационные продукты и программные средства служат главными элементами банков данных или автоматизированных банков данных (АБД) – основной организационной формы, в которой развиваются современные технологии коммерческого распространения информации.

Основные особенности данной технологии: предоставление пользователю только информационных услуг, а не непосредственно информационных продуктов, в результате чего он получает только действительно нужную информацию; полнота информации, связанная с загрузкой на мощные хост-компьютеры больших массивов данных; высокая скорость обновления, модификации и перемещения информации; развитое программное обеспечение, позволяющее не только находить и получать информацию, но и при необходимости осуществлять ее графическую, наукометрическую и эконометрическую обработку.

Интерактивные услуги АБД могут предоставляться в режимах: локальном, когда работа пользователя осуществляется с терминала, подключенного к хост-компьютеру; удаленном, когда работа пользователя осуществляется с физически удаленного от хост-компьютера терминала по сетям связи.

Для создания и редактирования БД, поиска и анализа необходимой информации, ее представления в наглядном виде используются системы управления базами данных – СУБД. В состав СУБД входит определенное ПО, а также логическое описание структуры данных и их физическое описание с записью данных на магнитных носителях.

СУБД (DBMS – DataBase Management System) – программная система, обеспечивающая общение (интерфейс) программ пользователя и данных из БД. Это общение происходит на специальном непроцедурном языке логического представления данных и структур данных; сами данные описываются средствами также специального языка представления данных, программы пользователя при этом могут быть написаны на языке программирования. СУБД имеет средства, позволяющие сформулировать запрос к БД на языке, близком к естественному и понятному для пользователя, но в то же время формальном, реализованном на ЭВМ. Такие языки называются языками запросов к базам данных и относятся языкам непроцедурного типа [105].

Основные функции СУБД: управление данными во внешней памяти, т. е. обеспечение необходимых структур внешней памяти для хранения данных и манипулирования ими; управление буферными областями памяти, т. е. обеспечение копирования необходимой части БД в области (буфере) оперативной памяти; управление транзакциями, т. е.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

последовательностями операций над БД, рассматриваемыми СУБД как одна макрооперация с обеспечением многопользовательской работы с БД через СУБД; обеспечение надежности хранения данных в БД; поддержка языков определения логической структуры БД или единого интегрированного языка, содержащего необходимые средства для проектирования БД и обеспечения базового пользовательского интерфейса с БД.

2 Технологии интеллектуального анализа данных. Они предназначены для очень больших специализировнных БД и включают программную систему, предназначенную для извлечения, коррекции и загрузки данных из источников в БД с многомерной структурой, включая средства упрощения доступа, анализа с целью принятия решения. Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) – автоматический поиск скрытых в больших БД взаимоотношений и связей с помощью математического и инфологического анализа, выделения трендов, кластеризации (кластерного анализа), классификации и распознавания (таксономии), градации и шкалирования. На основе специальных моделей и алгоритмов анализа из БД извлекаются знания, позволяющие интегрировать, детализировать и идентифицировать информацию, принимая на ее основе решения.

Примеры. Данная технология используется при сборе текущей информации о состоянии дел производственной организации (завода), ее продукции, рынках сбыта, услугах, клиентах, поставщиках и др. Интеллектуальный анализ данных в экспертных диагностических системах может помочь обнаружить и визуализировать неисправности технического объекта (автомобиля).

3 Технология баз знаний (БЗ) и экспертных систем (ЭС). БЗ – накопление, структурирование и хранение с помощью ЭВМ знаний, сведений из различных областей таким организованным способом, что можно иметь доступ к этим знаниям, расширять их, получать, выводить новые знания и т.д. Некоторые особенности БЗ уточнены и регламентированы в международном стандарте **ИСО / МЭК 2382-1-99.**

Системы управления БЗ (СУБЗ) представляют пользователю более мощные обслуживающие процедуры, чем СУБД [6, 7, 56, 105]. В частности, появляется возможность работы не только с теми структурами информации, которые были реализованы в базе знаний ранее, но и создавать новые структуры на основе поступления новой информации, накопления опыта, обучения и т. д. СУБЗ автоматически обеспечивает связь между структурами пользователя и структурами, хранимыми в БЗ.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

База знаний модернизирует базу данных, выводя ее на новый, интеллектуальный уровень. База знаний и база данных представляют собой самостоятельные структуры и рассматриваются как разные иерархические уровни (высший и низший) представления информации, хранящейся в интеллектуальном банке информации.

Пример 1. БЗ по ремонту автомобиля, из которой любой специалист в сложной ситуации может извлечь необходимую информацию о характере неисправности и способе ее устранения; сама же БЗ разработана на основе знаний высокопрофессиональных и опытных инженеров-механиков, а также в процессе научных исследований объекта.

Пример 2. БЗ системы диагностирования механизма автомобиля (например, трансмиссии) включает в себя набор численных данных и вербальных сведений о неисправностях, симптомах, характере их проявления и способах устранения. В эту БЗ входят также продукционные правила, записанные по типу «если – то», определяющие причинно-следственные связи возникающих при эксплуатации машины неисправностей.

ЭС – накопление опыта, знаний, умений, навыков высокого уровня профессионалов-экспертов, структурирование и хранение, актуализация с помощью ЭВМ с целью получения экспертных суждений по различным проблемам данной области.

Примером ЭС «Диагност» может быть экспертная система, построенная на основе приведенных выше двух примеров БЗ. БЗ и ЭС тесно связаны. Пример другой ЭС – система «Карьер», которая дает возможность анализировать (осуществлять мониторинг) рабочий процесс по добыче полезных ископаемых в горно-обогатительном предприятии, где эксплуатируется парк большегрузных автомобилей-самосвалов, экскаваторов, погрузчиков и другой техники.

Существуют различные способы представления знаний, основанные на различных методах моделирования. Может использоваться моделирование с помощью логических и продукционных систем, семантических сетей, фреймов [21, 27, 76, 105, 142–145]. Каждый из этих способов связан с определенной структурой знаний. Часто используются комбинированные модели представления знаний, объединяющие те или иные способы. Совокупность используемых моделей представления знаний и связанных с ней процедур образует *систему представления знаний*.

4 Локальные и глобальные вычислительные сети (ВС). *Локальные компьютерные вычислительные сети (ЛВС)* или *Intranet* – коммуни-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

кационные системы, которые состоят из 10–100 ПК и ограничены зданием или предприятием. Существенная особенность ЛВС – использование всеми ПК (рабочими станциями), включенными в сеть, аппаратных и информационных ресурсов других устройств сети. Составные части ЛВС: кабель, сетевые платы, сервер сети, центральное ЗУ, рабочие станции.

В телекоммуникационных ВС обмен информацией между ПК осуществляется по телефонным линиям, оптоволоконному кабелю и посредством радиоволн с помощью спутниковой связи.

С целью идентификации в ЛВС каждый ПК имеет цифровой IP–адрес (IP – *Internetwork Protocol* – межсетевой протокол). В Internet используется доменный способ адресации, когда все пространство адресов абонентов сети по региональному признаку разделено на области, называемые *доменами.*

Электронная почта (*e–mail – electronic mail*) выполняет функции обычной почты. Она обеспечивает передачу сообщений из одного пункта в другой. Электронное письмо приходит сразу же после его отправления и хранится в почтовом ящике до получения адресатом. Оно может содержать все виды файлов: текстовые, графические, звуковые и видеофайлы, а также программы. Формат адреса электронной почты имеет вид: *имя пользователя @ адрес хост–компьютера*: *sergei@mail.ru.* Символы перед @ задают имя абонента, а после @ – имя ПК, на котором установлена почтовая система.

Internet обеспечивает доступ к информационным ресурсам, БД, БЗ, позволяет проводить компьютерные конференции, общаться в реальном масштабе времени, то есть читать информацию по мере ее ввода другим пользователем. Система World Wide Web (WWW) – информационная служба Internet, в которой используется гипермедиадокументы и возможность клиентов взаимодействовать с другими приложениями Internet. Файл в сети находят с помощью URL (Universal Resource Locator) – специального адреса, в котором указаны протокол, домен Web–сервера, содержащего файл, и путь файла на этом компьютере, например *http://portal.ggpi.org/news.php*.

Гипермедиадокумент – текстовый файл, содержащий в себе связи с другими текстовыми, графическими, видео- или звуковыми файлами. Внутри гипертекстового документа некоторые фрагменты текста выделены. При их активизации можно перейти на другую часть этого же файла или запустить другой файл на этом или другом ПК. Все серверы WWW используют специальный язык *HTML* (*Hyper Text Markup Language* – язык разметки гипертекста), с помощью которого текстовый файл преоб-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

разуется в файл *.*html*. Для того, чтобы обеспечить обмен данными в ВС между различными ПК независимо от установленных на них ОС используется протокол *FTP* (*File Transfer Protocol*).

5 Технологии защиты информации. *Информационная безопасность* предполагает обеспечение целостности данных, конфиденциальности информации, доступности информации для авторизированных пользователей. Основные средства защиты информации: аппаратные, программные, организационные и законодательные. Способы защиты информации: препятствие доступа к компьютеру, управление доступом к информационным ресурсам, маскировка информации путем ее шифрования, регламентация работы с компьютером, содержащим важную информацию. Управление доступом включает в себя идентификацию пользователей и ресурсов системы, проверку полномочий, разрешение работы в пределах установленного графика, регистрацию обращений к защищаемым ресурсам, реагирование при попытке несанкционированного считывания или изменения информации.

Компьютерный вирус – злокозненная программа, способная приписывать себя к другим программам («инфицировать» их) и осуществлять нежелательные действия, связанные с порчей аппаратного и программного обеспечения ЭВМ. Выделяют *вирусы* разных типов. *Резидентными* называются вирусы, копирующие себя в ОЗУ, перехватывающие некоторые векторы прерываний, что позволяет им вмешиваться в работу процессора и всей ЭВМ. В течение некоторого времени вирус себя не проявляет, после чего активизируется и копирует сам себя из ОЗУ в НЖМД. *Нерезидентными* называются вирусы, не остающиеся в памяти ОЗУ после завершения работы зараженной программы. Они действуют только во время работы зараженной программы: сканируют каталоги, находят незараженный файл, пригодный для внедрения. К этому файлу дописывается тело вируса, он становится зараженным. *«Логические бомбы»* – программы, активизирующиеся при наступлении некоторого события: заданной даты, определенного режима работы ЭВМ и т. д. *Загрузочный вирус* заражает загрузочный сектор и загружается в ОЗУ при загрузке ОС. Вирусы активизируются не сразу, а через определенное время, действуют скрытно, чтобы усложнить поиск зараженной программы. Через некоторое время после размножения вирусов запускаются программы, печатающие сообщения, стирающие или портящие файлы, замедляющие работу процессора. *Троянские программы* – вирусы, замаскированные под игровые или иные программы. *«Черви»* – программы, запускающиеся при загрузке ЭВМ, лавинообразное размножение которых приводит к блокировке системы.

6 Технология телекоммуникационного доступа к удаленной от пользователя информации, носителю информации, собеседнику – человеку

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

или компьютеру. Сюда относится и технология электронной почты – система передачи сообщений с помощью компьютера отправителя и приема их с помощью компьютера получателя. При этом сообщение отправителя преобразуется из цифровых кодов, например, с помощью модема, в коды электромагнитных колебаний, передаваемых по телефонным каналам, а ЭВМ адресата производит обратное преобразование. Развитие сетей связи – виртуальные локальные вычислительные сети, объединяющие пользователей не по территориальному принципу, а по профессиональным интересам. Например, телеконференция – обмен сообщениями (докладами) между участниками конференции, анонсированной на специальной электронной доске объявлений в сети. Телеконференция представляет собой технологию на базе программных средств интерактивного доступа к ресурсам сети и предназначена для обсуждения какой-либо тематики. С помощью телеконференций можно проводить консалтинг, обучение, совещание, автоматизацию рабочего помещения и др. Базовая система проведения видеоконференций обычно включает: мощную рабочую мультимедийную станцию; видеокамеру и специальную плату для сжатия видеоинформации; микрофон и видеомагнитофон; средства сопряжения с используемой для проведения конференции сетью. Телеконференции могут проводиться как в режиме обмена письмами по электронной почте (режим почтового подключения), так и в режиме терминального интерактивного подключения через телекоммуникационные сети. В режиме терминального подключения пользователь может иметь доступ (подписку) к целой системе телеконференций, но, в отличие от режима почтового подключения, можно подключаться к заявленной конференции непосредственно в сети, с помощью специальных программ, управляющих работой пользователей с телеконференциями. Эти программы позволяют выполнять следующие манипуляции: найти конференцию; подписаться на конференцию (зарегистрироваться); перейти в конференцию; послать отклик (доклад); получить отклик (доклад); закрыть подписку и др.

Пример использования телеконференции – видеоконференция. Крупные научно-технические центры, НИИ при Академии Наук располагают современным оборудованием, а также высококвалифицированным научным персоналом. В результате в режиме видеодиалога (конференции) специалисты, инженеры, ученые из региональных научно-технических учреждений могут участвовать в разработке нового проекта, обсуждать получаемые результаты, согласовывать и использовать различные методы, подходы, стратегии и т. д. Технология проведения технической видеоконференции: согласование времени проведения видеоконференции (сеанса связи); подготовка информации об объекте конференции (в русле ее тематики, например, обсуждение проекта нового изделия); предварительная пересылка данных по электронной почте; обсуждение в режиме видеодиалога информации о проекте; принятие

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

решения, а также документирование результатов обсуждения.

Экономическая выгода от таких видеоконференций в несколько раз выше, чем от классической технологии проведения консультаций с выездом в другой город, район и т. д.

7 Технология использования автоматизированных систем (АС) и автоматизированных рабочих мест (АРМ). АС – это человеко-машинная система для исполнения профессионально выполняемых на рабочем месте сотрудника работ с целью уменьшения затрат времени, сокращения числа ошибок и обеспечения оперативной связи с другими сотрудниками; интеллектуальные системы имеют также способность к перестройке технологической цепочки, они способны и к обучению.

АС используют для эффективного управления потоками информационных ресурсов, повышение социальных, экономических и технических показателей системы и других систем (для управляющих систем); максимизации качества принятых решений, повышения конкурентоспособности, рентабельности (для производственных систем); получение новых знаний, использования инноваций, расширения сферы применения результатов исследования, создания «ноу-хау», обеспечения экономической эффективности (для научно-исследовательских организаций); совершенствования учебного процесса, перехода к новым формам обучения, дистанционного образования (для образовательных организаций).

Распространена концепция корпоративных и распределенных систем в народном хозяйстве, в которых широко используются локальные информационные системы и создаются автоматизированные рабочие места на основе профессиональных компьютеров (рабочих станций).

АРМ – предметно-ориентированная инструментальная АС, устанавливаемая непосредственно на рабочем месте специалиста и предназначенная для автоматизации его профессиональной деятельности. АРМ – автоматизированные системы локального характера, соответствующие некоторому функциональному назначению. Принципы создания АРМ: системность подхода к проектированию и решению задач и возможность работы в составе сети; гибкость, приспособляемость, адаптируемость к изменениям задач; устойчивость, надежность в работе, восстанавливаемость при сбоях; эффективность (по затратам, повышению производительности труда); быстрота отклика, т. е. минимум времени на каждый шаг диалога с пользователем; полнота выполняемых функций, решаемых профессиональных задач; интерактивность, т. е. возможность вмешиваться в диалог, выбирать следующий шаг диалога, например, в форме команд на специальном командном языке, в форме выбора объектов, в форме «меню», в смешанной форме; функциональность, дружественность, эргономические характеристики и удобство использования, в частности, ориентация на непрофессионала в области компьютерной

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

подготовки и др.

Примеры. АРМ секретаря-референта должен включать редактор текстов, электронную таблицу, переводчики, органайзер и др. АРМ студента (будущего инженера-механика) должен иметь электронные учебники по изучаемым дисциплинам, обучающие программы и среды, электронные справочники и энциклопедии, переводчики, органайзер и др.

8 Технологии использования интегрированных прикладных программ (ИПП) – технологии на основе специальным образом организованных комплексов программ для решения ряда однотипных и часто встречающихся задач из различных предметных областей. Современные ИПП имеют диалоговую, интерактивную обратную связь с пользователем в процессе постановки задачи, решения и анализа результатов. При решении задач применяют специфичный для данной предметной области интерфейс.

ИПП присуща *интеллектуальность*, которая заключается в возможности постановки задачи содержательно, не указывая алгоритма ее решения. Построение алгоритма решения и сборка целевой программы производятся автоматически и скрыто от пользователя. Предметное обеспечение ИПП – база знаний о методах, алгоритмах решения задачи и о самих задачах. Программирование осуществляется в терминах предметной области, ЭВМ используется уже на этапе постановки задачи, решение задач – с помощью автоматического построения цепочки программ по ходу накопления знаний о решаемой задаче, т.е. возможно пополнение базы знаний ИПП. Используются инструментальные ИПП. Технологии располагают высокой интеграцией: наполнение ИПП само состоит из ИПП различного назначения.

Примером интегрированного ИПП служит пакет MathCAD, предназначенный для различного рода математических вычислений, в том числе достаточно сложных, когда приходится создавать целые программы.

9 Технологии визуализации объектов – технологии, базирующиеся на системах рисования и черчения графических объектов с помощью ЭВМ и устройств вывода на печать чертежей (например, плоттеров), а также их визуального, наглядного представления. Особо следует отметить средства анимации – «оживления» изображений на экране, т. е. методы и средства создания динамических изображений.

Примером средств компьютерной графики могут служить программные обеспечения AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС.

Современные технологии 3D-графического моделирования позволяют строить полные трехмерные объекты по их эскизам. Это дает широкие возможности для имитации и анализа свойств реальных

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

физических объектов.

10 Гипертекстовые технологии. Гипертекст (Hypertext, т. е. «сверхтекстовая, надтекстовая») – эта технология на основе средств обработки больших, глубоко вложенных, структурированных, связанных семантически и понятийно текстов, информации, которые фрагментарно организованы и относятся к одной и той же системе объектов. Они дают возможность быстро вызывать и помещать в нужное место просматриваемого или организуемого нового текста заданные фрагменты гипертекста, т. е. тексты, «привязанные» к выделенным по цвету ключевым словам или словосочетаниям. Гипертекстовая технология позволяет определять и выбирать вариант актуализации информации гипертекста в зависимости от информационных потребностей пользователя и его возможностей, уровня подготовки, т. е. жестко и заранее не определяет сценарии диалога. При работе с гипертекстовой системой пользователь может просматривать документы (страницы текста) в том порядке, в котором ему это больше нравится, а не последовательно, как это принято при чтении книг, т. е. гипертекст – нелинейная структура. Достигается это путем создания гипертекстовых ссылок, т. е. помимо линейных ссылок обычного текста типа «текст-предшественник – текст-преемник» у гипертекста можно построить еще сколь угодно много других динамических ссылок, ассоциированных с документом в целом или только с отдельными его фрагментами, т.е. контекстные ссылки.

Примерами гипертекстов могут быть электронные журналы.

11 Средства и системы мультимедиа (multimedia) и гипермедиа (hypermedia). Мультимедиа–технологии. *Медиа* – это «среда или носитель информации». Мультимедийность, многосредность – актуализация различных сред и чувств восприятия информации: средства озвучивания, анимации, графического и наглядного представления входных и выходных данных задачи и сценариев решения или даже самого решения.

Мультимедиа – компьютерная технология, обрабатывающая и сочетающая в себе текстовую, звуковую и видеоинформацию. При этом используются аппаратные и программные средства, позволяющие человеку обмениваться информацией с компьютером.

Аппаратные устройства мультимедийных систем: устройства ввода: клавиатура, мышь, трекбол, джойстик, сканер, устройства ввода аудиосигнала, цифровые фото– и видеокамеры, TV–устройства ввода; устройства вывода: принтеры, плоттеры, электронные экраны, системы аудиовывода и видеовывода; устройства ввода-вывода: рабочие станции, модемы, сенсорные дисплеи, аудио–видеомагнитофоны; преобразователи информации: аналого-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь, системы распознавания, конверторы, системы сжатия и восстановления, TV-преобразователи.

В мультимедиа применяются *устройства речевого ввода–вывода* –

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

акустические системы, позволяющие вводить информацию и управлять компьютером речью. Программное обеспечение позволяет распознавать отдельные звуки и слова, являющиеся командами.

Мультимедиа-технологии используются для создания презентаций, телеконференций, для ввода команд и текста с голоса, работы с компьютерной графикой, производства видеофильмов, обработки звуковых файлов, в учебном процессе, для создания обучающих, развивающих программ, компьютерных энциклопедий и гипермедиа- и телемедиа-книг. При этом достигается эффект *виртуальной реальности* – некоторой модели реального мира, содержащей реально несуществующие объекты, с которыми взаимодействует пользователь.

В этих технологиях широко применяются эффекты анимации.

Средства *гипермедиа* созданы на основе синтеза концепции гипертекста и мультимедиа, т.е. в гипертекстовые фрагменты могут быть встроены мультимедийное сопровождение, мультимедийные приложения: hypermedia = hypertext + multymedia.

Пример. Глобальной гипермедийной системой является WWW (Word Wide Web). По сути – это система навигации, поиска и доступа к гипертекстовым и мультимедийным ресурсам Интернета в реальном масштабе времени. Глобальной ее можно считать потому, что в отличие от обычного (локального) гипертекста, ссылка на документ в нем (осуществляемая одним или несколькими щелчками мыши) может привести не только к другому документу (как в локальном гипертексте), но и к другому компьютеру (WWW-серверу), возможно, в другом полушарии. Работа ведется с помощью универсальной программы-клиента, которая позволяет объединить в единое целое клиента и сервер.

Ожидается, что следующей после Web формой коллективного сосуществования компьютеров будет Grid, которая даст пользователям больше возможностей для работы с удаленными машинами. Если World Wide Web можно сравнить с аналоговой телефонной сетью, способной передавать тексты, аудио и видео, то Grid подобна современной системе электроснабжения, предоставляющей потребителям столько ресурсов, сколько им необходимо. Уже активно ведутся работы по определению стандартов для Grid. Так же, как и WWW, новая концепция, в первую очередь, будет востребована в исследовательских кругах. Ученые с помощью Grid будут получать доступ к ресурсам, необходимым для решения их задач. Архитектура Grid трехслойна: интерфейс, слой приложений и операционная система Grid, позволяющая подключить пользователей к распределенным ресурсам.

12 Нейро-математические и нейро-информационные технологии и сети. *Нейротехнологии* – технологии на основе моделей, методов, алгоритмов, программ, моделирующих, имитирующих нейронные сети и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

процессы решения задач искусственного интеллекта; позволяют эффективно реализовывать параллелизм, самообучение, распознавание и классификацию, адаптивность, перестройку структуры, топологии.

Примеры: задачи идентификации; выбор управляющих воздействий в сложных системах; диагностирование и мониторинг.

Пример. Известное семейство российских программ NeuroScalp построено по модульному принципу. Базовым модулем является модуль классического технического анализа, в который интегрируются дополнительные модули, реализующие различные методы анализа. В настоящее время доступны такие дополнительные модули: «Модуль Нейронных сетей» – эмулятор классических многослойных нейронных сетей с использованием генетических алгоритмов; «Модуль Карты Кохонена» – модуль, реализующий карты Кохонена в экономических приложениях; «Модуль Статистика» – модуль статистической обработки информации. NeuroScalp имеет удобный интерфейс и реализует необходимое множество методов, требуемое для реализации различных идей пользователя.

13 Технология виртуальной реальности. *Виртуальная реальность* – технологии актуализации различных гипотетических сред и ситуаций, не существующих реально и возможных как варианты развития реальных аналогов систем реального мира. Эти технологии и системы позволяют управлять виртуальным объектом путем моделирования физических законов (пространства, времени, взаимодействия, инерции и др.).

Широко используется такое направление в научных исследованиях, как организация *виртуальных испытаний* технических объектов.

Примеры. Технологии виртуальной реальности широко используют различные тренажеры для обучения пилотов самолетов, водителей автомобилей, капитанов судов, которые позволяют помещать обучаемого в соответствующие воображаемые ситуации (включая и аварийные), в том числе и никогда не существовавшие в реальности и не «укладывающиеся» в рамки законов классической механики, физики; эффекты виртуальной реальности создаются часто за счет одновременного воздействия на различные органы чувств, включая подсознание, сенсомоторику. Интересны проекты создания хирургических тренажеров с использованием методов и средств виртуальной реальности. Технология виртуальной реальности применяется при моделировании рыночных отношений, которые легко могут быть реализованы в компьютерных моделях.

14 Когнитивные технологии – методы, средства и приемы, обеспечивающие визуальное, гипермедийное представление условий задач

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

и/или предметной области, которое помогает находить или стратегию решения, или само решение, либо позволяет оценивать и сравнивать пути решения, принять тот или иной адекватный выбор.

Примеры. Когнитивная графика, позволяющая геометрически, образно представлять предметную среду и построить, исходя из этого, требуемый графический объект, в частности, пространственное представление этого объекта. Есть и средства, и методы визуального программмирования (проектирования программ), в частности, среда Visual-C. Когнитивные методы выбора решений в интеллектуальных системах позволяют реализовывать различные стратегии на основе обработки качественных данных, что особенно удобно для ликвидации неопределенностей.

15 Объектно-ориентированные технологии, технологии объектно-ориентированного анализа. Это – интеллектуальные технологии представления и актуализации информации, информационных процессов, систем как совокупностей объектов и классов с использованием следующих понятий: объект, экземпляр класса – все то, что может быть полно описано некоторыми атрибутами состояния; класс – совокупность объектов с одинаковыми атрибутами; инкапсуляция – скрытие внутренней информации, возможность отделения объектов и классов от внешнего мира; наследование – возможность создавать из классов-родителей новые классы-потомки, сохраняющие атрибуты и свойства родителей; полиморфизм – способность объектов выбирать метод представления на основе типов данных, актуализируемых сообщений.

Инструменты объектно-ориентированного анализа: атрибуты (описания объектов, классов); операции (процессы, применяемые к классам объектов); потоки данных (группы элементов данных, реализующие связи между объектами); наследование (агрегирование и обобщение).

Пример. Объектно-ориентированные среды программирования, например, C++, Smalltalk; объектно-ориентированный инжиниринг или набор приемов и методов проектирования экономических процессов, наиболее эффективно обеспечивающих заданные цели и прибыль; объектно-ориентированные пользовательские интерфейсы. При объектно-ориентированном программировании в среде языка APL, например, процедуры исполняются в соответствии с логикой и инструкциями некоторой программы, которая определяет последовательность и содержание действий; выполнение этой программы инициируется с помощью сообщения, посылаемого заданному объекту пользователем, другой программой или объектом. Получатель сообщения решает, какая программа будет выполнена.

Пример. HTML – статичное средство. Чтобы «оживить» содержимое Web, сделать интерактивные HTML-страницы, используется среда

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

JavaScript. Одной из важных для информатики объектно-ориентированных систем является Java-система, сред – Java-интерпретирующая машина, технологий – Java-технология. В основе всех их лежит язык программирования Java, ориентированный на сеть Internet и серверы WWW. Язык Java произошел от языка программирования Oak, с синтаксисом, близким к синтаксису языка C++. Средствами языка Java можно разрабатывать приложения для различных платформ: Intel Pentium, Macintosh, Sun и др. Java-программы бывают автономного использования (выполняемые в режиме интерпретации на конкретной компьютерной платформе) и аплеты (applets), выполняемые в режиме интерпретации виртуальной Java-машиной, которая встроена практически во все современные браузеры. Аплеты Java встраиваются в документы HTML, хранящиеся на сервере WWW. С помощью аплетов можно сделать страницы сервера Web динамичными и интерактивными. Все данные для обработки аплеты могут получить только от сервера Web. Язык Java является объектно-ориентированным и имеет объемную библиотеку классов, значительно упрощающих разработку приложений, так как программист больше внимания может уделить функциональной части приложения, а не организации интерфейса, динамических массивов и т.п. В широком смысле Java – это технология, изначально рассчитанная на интеграцию с сетевой Web-средой, полностью независимой от платформы. Виртуальная Java-машина – машина, на которой исходные Java-программы интерпретируются в коды этой машины. Это делает Java-среду мощным и удобным средством разработки клиентских компонентов Web-систем. В Java-среде можно легко осуществлять динамическую загрузку объектов из сети. Имеются инструментальные среды, например, Java Studio, позволяющие проектировать приложения вообще без программирования, из готовых компонент, устанавливая между ними связи и отношения в соответствии с внутренней логикой приложения.

Для повышения производительности Java-приложений в браузерах используется компиляция Just-In-Time compilation («на лету»). При первой загрузке аплета его код транслируется в обычную исполняемую программу, которая сохраняется на диске и запускается. В результате общая скорость выполнения аплета увеличивается в несколько раз.

16 Средо-ориентированные технологии. Это – интерактивные технологии проектирования, разработки, актуализации информационных систем, в которых вначале строится нужная среда, инструментарий, а затем происходит их автоматизированная настройка с помощью выполнения процедур типа: переместить, вставить, удалить, указать, активизировать и др. Готовые среды объединяются в нужные структуры, а затем настраиваются на конкретные классы проблем или пользователей, причем изменения одних из них могут изменять и другие.

Пример. Средо-ориентированные системы программирования, в

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

которых часто используется «оконный интерфейс», «оконная среда». Они основываются на понятиях «окно», «рамка», «фрейм» и др. Элементы ассоциируются с наиболее подходящей инструментальной средой: тексты – с текстовым процессором, таблицы – с электронной таблицей, графики – с графической средой и т. д. К этим типовым средам могут быть добавлены также и разработанные специфические среды, библиотеки сред. Интерактивное планирование позволяет находить оптимальные структуры и набор ресурсов для достижения поставленной цели.

Широко используются распределенные системы – программные комплексы, составные части которых функционируют на разных компьютерах в сети, используя при взаимодействии технологии различного уровня, от непосредственного использования пакетов TCP/IP до технологий с высоким уровнем абстракции. В этих системах обеспечены следующие возможности, невыполнимые при использовании традиционных технологий: масштабируемость, т. е. эффективное обслуживание различного числа клиентов одновременно; надежность создаваемых приложений, т. е. устойчивость не только к ошибкам пользователей, но и к сбоям в системе коммуникаций; непрерывная длительная работа; высокий уровень безопасности системы на всех этапах функционирования; высокая скорость разработки приложений и простота их сопровождения и модификации.

17 CASE-технологии (Computer-Aided System Engineering). Это – автоматизированное проектирование информационных систем, или технологии, позволяющие автоматизировать основные этапы и процедуры жизненного цикла информационных систем: от анализа исходного состояния и целей до проектирования интерфейсов, привычных для проектировщика, пользователя и основных процедур функционирования системы. Чем больше автоматизируется этапов и процедур, тем лучше и быстрее получается информационная система, тем шире ее приложения.

Пример. Технология STRADIS (STRategic Architecture for the Deployment of Information Systems – стратегическая структура для развертывания информационных систем) определяет и поддерживает основные этапы жизненного цикла системы: цели, приоритеты, требования к ресурсам, распределению работ, составу и содержанию проектной документации, методика выполнения процедур проектирования и программирования, тестирования и управления. Включает в себя инструментарий: графический редактор, СУБД и СУБЗ, средства описания сценариев диалога с системой и др.

18 Технологии и системы компьютерной математики (в том числе алгебры, символьных преобразований, аналитических вычислений) – системы, позволяющие производить как простые автоматические

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

преобразования формул и алгебраических выражений, так и осуществлять сложные вычисления (например, решать дифференциальные уравнения).

Примеры. Система Reduce для формульных преобразований, которая позволяет находить эквивалентные алгебраические выражения и определять их численные значения, суммировать конечные и бесконечные ряды, производить алгебраические операции с полиномами, матрицами, интегрировать и дифференцировать.

Широко используются в инженерной практике и научных исследований системы MathCAD и MATLAB, обладающие огромными вычислительными возможностями. Современные версии программного продукта MATLAB (сокращение от MATrix LABoratory) оснащены языком программирования, графической системой для визуализации вычислений и усилены дополнительными пакетами программ, обеспечивающими эффективную работу со специальными классами задач в технических науках [16].

19 Нечеткие технологии (технологии обработки данных и вывода знаний, принятия решений на основе описания систем аппаратом нечетких множеств и нечеткой логики). Эта технология подробно описана в [37, 39, 48, 80, 91, 105, 117, 122, 139, 155, 181 и др.].

Пример. Технический диагноз часто основан на нечетких, неопределенных четко связях симптомов и неисправностей, их нечеткой зависимости, поэтому для компьютерной постановки диагноза, построения экспертной системы постановки диагноза эта технология особенно эффективна, так как позволяет делать нечеткие выводы, которые затем могут быть проверены.

Все новые информационные технологии, так или иначе, используют методы и проблематику искусственного интеллекта, инженерии знаний, часто переплетаются и интегрируются [6, 7, 8, 21, 49, 51-54 и др.].

Проблематику искусственного интеллекта составляют знания, информация о данной области, которые пока объективно непонятны, неточны, не формализуемы, не структурируемы, не актуализируемы доступными средствами (и могут стать таковыми в процессе функционирования системы, приобретения знаний).

Инженерия знаний – наука, изучающая проблемы выявления, структурирования, формализации и актуализации знаний для разработки различного типа интеллектуальных систем, технологий.

Новые ИТ должны обеспечивать целенаправленность, информативность, адекватность, точность, полноту, воспринимаемость и структурированность информации, гибкость, комфортность, своевременность и простоту их актуализации во времени, в пространстве и информационно. ИТ являются основой многих других технологии, а также

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

служат способом актуализации информации и основой мышления.

Основные тенденции развития новых информационных технологий, независимо от сферы их использования: возрастание роли информационного ресурса, т. е. качество и оперативность принимаемых интеллектуальных решений во все большей степени зависит от содержания, точности и своевременности получаемой информации, ее пространственно-временных характеристик; развитие способности к активному техническому, программному и технологическому взаимодействию (стандартизации и совместимости таких взаимодействий), т. е. появление более совершенных стандартов взаимодействия, все чаще – уже на уровне проектных работ; изменение характера инфологических и структурных взаимодействий, ликвидация промежуточных звеньев (непосредственность), более широкое распространение, упрощение доступа, снижение цен и т. д.;

Примеры. В конце 90-х годов около 40 % интеллектуальных работников в США использовали на своих рабочих местах новые информационные технологии, в частности, концерн Microsoft инвестирует в новые медиапроекты до 20 % своего научного бюджета, выпуская энциклопедии и справочники на CD, работая параллельно с телевидением в сети Интернет, открывая в Интернете свои мультимедийные журналы. Выполнение японской программы создания компьютеров пятого поколения сдерживается тем, что новая структура программного обеспечения пока не сочетается с существующими центрами искусственного интеллекта, новые протоколы не могут быть использованы в старых системах связи, а новые машинные языки не подходят для старых систем и т.д. Примером глобальной программы является программа ESPRIT (Европейская стратегическая программа исследований в области информационных технологий).

Заканчивая обзор информационных технологий, наиболее важных для системного анализа, отметим, что появляются все новые их разновидности и приложения. В совокупности они становятся основным фактором, изменяющим традиционные критерии принятия решения и возможности науки.

20 Другие технологии, не вошедшие в данные группы, в том числе технологии искусственного интеллекта (ИИ), которые переплетаются с некоторыми вышеперечисленными технологиями. Например, к этой группе можно отнести технологии логических выводов, понимания речи, обучения, методы создания программ для решения задач и т.д.

В данной книге технологиям ИИ посвящены отдельные главы.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

«Почему» можно назвать матерью всех наук (Шопенгауэр, XVIII в.)

Факты, взятые со стороны их достоверности, определяют, чему быть знанием, а чему наукой (Гоббс, XVI в.)

6 Пути и методы решения основных проблем науки на транспорте

6.1 Современные направления решения проблем науки на транспорте

Пути решения проблем науки на транспорте напрямую связаны с активным использованием и внедрением в автомобиле- и тракторостроении новых технологий – информационных и интеллектуальных.

Одним из аспектов проблемы науки на транспорте является *создание электронных систем для автомобиле- и тракторостроения*. Причем, несмотря на стремительное внедрение на АТС микроэлектроники, главные нерешенные вопросы здесь – не в разработке материальной аппаратной части, а в создании высокоэффективных алгоритмов и программного обеспечения.

Если в управлении достигнуты определенные успехи, то в диагностировании мобильных машин пока существуют проблемы и нерешенные вопросы.

Несмотря на большое разнообразие и широкие возможности традиционно используемых методов диагностирования и контроля, им присущ ряд недостатков. Основные недостатки следующие: сложность при оценке технического состояния по измеренным параметрам; значительная трудоемкость проводимых в процессе диагностирования работ; несовершенство методов диагностирования; ограниченные функциональные возможности традиционных средств диагностирования; низкая оперативность и надежность традиционных методов диагностирования; невысокая точность при постановке технического диагноза; низкая достоверность диагностирования, необеспечение должной безопасности.

Сложность в оценке технического состояния выражается в затрудненных возможностях обработки большого количества диагностических параметров, а также невысокой вероятности прогнозирования остаточного ресурса.

Значительная трудоемкость работ по диагностированию предполагает большие затраты времени на обработку информации даже при

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

наличии ЭВМ; трудности с организацией процесса диагностирования в режиме реального времени; невысокое быстродействие процесса диагностирования. Следует отметить и невозможность оперативной выдачи решений (постановки технического диагноза) в связи с тем, что после сбора информации требуется определенное время на дальнейшую обработку результатов.

Низкая оперативность традиционных методов выражается в том, что они не обеспечивают возможности оперативного реагирования на всевозможные изменения факторов и возмущений (характеристик механизмов, внешней среды и человека).

Сравнительно низкая точность постановки технического диагноза обусловлена несовершенством используемых технических средств диагностирования. Причиной недостаточно высокой точности локализации неисправностей могут быть те применяемые методы диагностирования, в основе которых положен анализ статической и неизменной информации и когда отсутствует возможность учета новых данных.

К низкой достоверности диагностирования приводит ряд факторов. Среди них погрешности измерений (неточность и несовершенство средств и методов измерения, влияние на процесс обработки информации различных факторов); недостаточно достоверные экспертные знания, вызванные нехваткой компетенции экспертов и механиков ввиду насыщенности на машине бортовой микроэлектроники; неверный выбор диагностических параметров и их сочетаний; неверный выбор метода или средств измерений; возникновение новых, неучтенных в базе знаний факторов.

Получившее широкое распространение вероятностно-статистические методы, несмотря на их положительные стороны, все же не лишены недостатков. Недостатками статистических методов являются: сложность аппарата для статистической оценки коэффициентов уравнений и их погрешностей; необходимость в проведении большого объема статистических испытаний для получения регрессионных моделей; сложность алгоритма вывода решения. Недостатки вероятностных методов: возможность использования метода только при наличии статистических данных об изменении параметров, получаемых при всех видах испытаний и ремонтов объекта; сложность алгоритма обработки статистических данных; невозможность обеспечения требуемого объема или длительности наблюдений из-за особенностей эксплуатации объекта; невысокая точность и низкая достоверность получаемых результатов. Недостатками, которые присущи одновременно вероятностным и статистическим методам, являются: большие затраты времени на обработку результатов и получение диагноза; сложность алгоритмов методов и невозможность их реализации в режиме реального времени.

Очевидно, что вероятностно-статистические методы для повышения

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

их эффективности целесообразно использовать только в сочетании с новыми, интеллектуальными методами.

Несмотря на прогрессивность автоматизированных средств и систем контроля технического состояния, в силу разных причин (отсутствие технической возможности, неиспользование или недостаточное использование новых и интеллектуальных технологий) им присущ ряд ограничений. Недостатками, связанными с этими ограничениями, являются: ограниченные возможности средств вывода технического диагноза; трудности с локализацией неисправности и ее вербализацией; недостаточное количество диагностической информации; снижение функциональных возможностей человека по управлению объектом или технологическим процессом; ограниченные возможности средств визуализации и отображения результатов технического диагностирования, несовершенство элементов приборных панелей существующих мобильных машин; неудовлетворительное распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной, неопределенной и трудноформализуемой информации и невозможность из-за этого раннего предупреждения неисправностей; отсутствие в традиционно используемых протоколах передачи данных конфигурационной гибкости, режима обнаружения ошибок, наличие односторонности передачи информации, невозможность восприятия информации в зависимости от ее приоритета и степени важности (в отличие от прогрессивных CAN-протоколов, которые описаны в главе 7); несвоевременность доставки информации по назначению и неоперативность ее отображения; несовершенство датчиков и оборудования для сбора и обработки информации; неполное использование возможностей современных компьютерных средств контроля и отображения информации, несоответствие средств получения информации новым возможностям ее обработки и анализа; невысокая надежность систем контроля, что снижает безопасность эксплуатации подвижного объекта.

Современные направления решения проблем науки на транспорте носят как научный, так и социально-экономический характер. Они следующие:

– использование при решении научных проблем на транспорте новых методов сбора и преобразования информации;

– использование технологий искусственного интеллекта и основанных на них технологий моделирования и синтеза адаптивных алгоритмов;

– применение средств бортовой микроэлектроники и мехатроники;

– использование новых информационных технологий;

– привлечение инвестиций в науку;

– использование новаций;

– использование опыта научно-технических разработок в смежных

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отраслях, а также научных достижений других стран;

– поисковые работы «на стыке наук»;
– привлечение в науку талантливой молодежи;
– выращивание научных кадров;
– материальное стимулирование умственного труда ученых.

6.2 Использование при решении научных проблем на транспорте новых методов сбора и преобразования информации. Нечеткая логика. Искусственные нейронные сети. Генетические алгоритмы и технологии эволюционного моделирования

Новые методы получения, представления, анализа и передачи информации активно внедряются в сферу автомобилестроения.

В область новых методов сбора и преобразования информации входят не только новые и высокие информационные технологии, которые описаны в главе 5, но и технологии технической имитации искусственного интеллекта (ИИ) [105, 117]. В совокупности эти методы и технологии образуют *основу для дальнейшего развития производительных сил общества и значительно продвигают научно-технический прогресс на транспорте.*

Рассмотрим наиболее важные технологии искусственного интеллекта с кратким изложением используемого математического аппарата.

Технологии искусственного интеллекта регламентированы международными стандартами **ИСО / МЭК 2382–28–99** и **ИСО / МЭК 2382–34**.

Логика человеческого рассуждения основывается не на классической двузначной (булевой) логике, а на логике с нечеткими значениями истинности. По словам одного из специалиста по нечетким множествам проф. А. Кофмана, мысли человека, сформированные на основе более или менее независимых моделей, – нечеткие [105]. Формализуемые знания в виде алгоритмов и программ, закладываемые в ЭВМ, логически последовательны, жестки и носят, по существу, четкий характер. Компьютер – техническое устройство, работающее в жестких рамках по заранее предписанным алгоритмам и лишенное возможности самостоятельно принимать разумные решения. Человек, в отличие от ЭВМ, помимо умений рассуждать и логически мыслить, обладает способностью параллельно принимать в расчет множество событий. Этими особенностями и определяется специфика использования в технике *нечеткой логики*.

Знания как важнейший атрибут, с которым связаны интел-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

лектуальные системы, в общем случае не могут быть описаны точно. Все технические устройства и системы управления физическими объектами работают в среде нечетких знаний, хотя и настроены на отработку четких алгоритмов, инструкций, команд, предписаний и т. д. Применение ИИ в электронных системах наделяет их принципиально новыми качествами: гибкостью управления, адаптируемость, способностью к обучению и т. д. Учитывая специфику работы автоматизированных систем управления, сложность и широту решаемых задач, увеличение предъявляемых к ним требований со стороны заказчика, невозможно обойтись без использования нечетких знаний. *Нечеткими знаниями* называются знания, при формализации которых используются *нечеткие множества*.

Нечеткие знания классифицируются на следующие группы (факторы нечеткости): 1) многозначность; 2) неполнота; 3) нечеткость или неточность; 4) ненадежность; 5) недетерминированность (неопределенность) [80, 105].

Теория нечетких множеств (fuzzy sets theory) ведет свое начало с 1965 г., когда проф. Лотфи Заде из университета Беркли опубликовал свою основополагающую работу [190]. Термин «fuzzy» («нечеткий») введен в название теории с целью разграничения от традиционной математики и двузначной логики, оперирующих только с четкими понятиями: «принадлежит – не принадлежит», «истина – ложь», «есть» – «нет». Концепция нечеткого множества зародилась у автора теории, по его словам «как неудовлетворенность математическими методами классической теории систем, которая вынуждала добиваться искусственной точности, неуместной во многих реальных системах», особенно подчеркивая при этом системы, связанные с присутствием человека.

В большинстве случаев принятие решений при управлении техническими объектами происходит в условиях неопределенности, в среде нечетких знаний. При эксплуатации автомобиля неизбежны отказы: выходы из строя отдельных механизмов и элементов, перебои в работе, требующие регулировок или ремонта. Естественно, априори неизвестно, какой элемент и когда выйдет из строя, как отреагирует система на возникновение аварийной ситуации. В данном случае неопределенность обусловлена случайными факторами. Неопределенности подобного рода называются вероятностными или стохастическими. Для формализации задач принятия решения в условиях стохастической неопределенности используется теория вероятностей, а также разработанные на ее основе теории статистических решений и массового обслуживания.

Возможны неопределенности и другого рода. Они обусловлены нечеткостью цели и ограничений. Приведем примеры нечеткой цели. Пусть требуется синтезировать систему управления, которая должна

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

обеспечивать *безопасный* интервал расстояний между движущимися автомобилями. Или требуется обеспечить управление переключением передач с учетом адаптации алгоритма в случае, если значения информационных переменных находятся *недалеко (около)* от пороговых значений и когда эти значения находятся *существенно больше* или *существенно меньше* заданных. Третий пример: нужно синтезировать алгоритм, учитывающий характер управляющего воздействия водителя на органы управления (например, водитель нажимает на педаль *быстро*, *резко*, а удержание ноги на педали *существенно больше* или *существенно меньше* заданных величин). В рассмотренных примерах неопределенность обусловлена нечеткостью понятий «безопасный», «существенно больше», «существенно меньше», «около», «быстро», «резко». Такого рода неопределенность называют лингвистической. Лингвистическая неопределенность присутствует в системах, на поведение которых влияют суждения, восприятия или эмоции человека.

Для формализации задач принятия решений с нечеткими целями и моделирования процессов, в которых имеются лингвистические неопределенности, приходит на помощь теория нечетких множеств, в основе которой лежит аксиоматика понятий нечеткой логики. *Нечеткая и неоднозначная логика* – это разновидности многозначной логики, основанной на нечетких множествах.

В качестве одной из предпосылок возникновения идей нечеткого множества и нечеткой логики выдвигается принцип несовместимости. Он заключается в том, что с увеличением размеров и сложности системы существенно усложняется ее моделирование с помощью известных математических выражений. Так, при использовании формул существенно возрастает число переменных и параметров, измерение отдельных переменных и определение параметров сильно затрудняется, и создание полностью адекватной модели становится практически невозможным. Вместо этого используют лингвистическую модель, которая базируется не на математических выражениях, описывающих количественные соотношения, а словах, отражающих качество. Применение этих слов дает возможность создать хорошую, качественную модель системы на новом уровне.

Нечеткое управление осуществляется на основе алгоритмов, называемых нечеткими. Под *нечетким алгоритмом* понимается качественный процесс решения задачи, свойственный человеку. Нечеткие алгоритмы реализуются на компьютере с использованием математического аппарата нечеткой логики. Достоинства нечеткого алгоритма и поражающего своей четкостью результата принятия решений на его основе хорошо прослеживаются на примере задачи постановки автомобиля на стоянку между двумя другими автомобилями, который стал классическим примером нечеткого алгоритма управления. Следуя общеизвестным методам теории

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

управления и решая эту задачу с помощью уравнений теории движения автомобиля, поставить автомобиль на стоянку между двумя близко стоящими друг к другу автомобилями практически невозможно: нельзя достоверно измерить ни состояние дорожною покрытия, ни состояние шин; построение уравнений движения условно и нельзя определить их точные параметры. Однако в школе вождения новичок, не зная уравнений движения и обучаясь только со слов инструктора, может умело поставить автомобиль на стоянку. Ему говорят: «Поворачивая руль направо, двигайся вперед; возврати руль налево и остановись; затем, поворачивая направо, двигайся назад и возврати руль налево; в случае неудачи повтори эту процедуру». Следуя общим указаниям, выраженным подобными словами, человек может водить автомобиль, а компьютеру это не под силу. Для ЭВМ указания должны быть представлены в виде детерминированных математических выражений, однако создать выражения, учитывающие абсолютно все обстоятельства, невозможно. Если даже предположить, что такие выражения существуют, то, с одной стороны, они будут весьма сложными, а, с другой, – в их структуру заранее будут включены характеристики автомобиля и обстановки вокруг него. Но ведь эти характеристики являются статическими и неизменными, хотя реальный процесс движения машины – динамический, и обстановка вокруг него постоянно меняется, как изменяются всевозможные факторы. Точное, надежное и безопасное управление автомобилем по таким жестким выражениям будет рискованным. Получается, что управление по точным моделям оказывается неточным и ненадежным, а управление по неточным моделям выигрывает в точности. На этом простом примере видны неоспоримые преимущества алгоритма управления с использованием элементов нечеткой логики по сравнению с детерминированными алгоритмами.

При нечетком управлении осуществляется параллельная обработка большого числа правил, а не непрерывное выполнение последовательных предписаний, как это делается при разработке традиционного алгоритма. На практике применение правил сводится к нечетким выводам в форме нечеткой логики. В качестве примера подобных правил и выводов рассмотрим следующую схему нечеткого управления процессом поддержания заданной дистанции между движущимися машинами.

Правило «При сокращении расстояния между двумя АТС уменьшите скорость».
Ситуация «Расстояние между автомобилями сократилось примерно до 20 м».
Реализация «Сильно уменьшите скорость».

В данной схеме «реализация» представляет собой результат нечеткого вывода. В приведенных текстах присутствуют нечеткие термины: «примерно» и «сильно». Хотя эти термины не несут никакой числовой информации, практическая реализация этой простой нечеткой схемы управления весьма эффективно приводит к поставленной цели и дает

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

хорошие результаты. Примерно по такому же нечеткому алгоритму действует и водитель автомобиля. Не производя в уме никаких вычислений и только оценивая ситуацию, являющуюся нечеткой по своей сути (ведь дистанцию и скорость человек оценивает приблизительно), он осуществляет требуемое управление автомобилем, т. е. торможение, увеличивая дистанцию до безопасной величины.

Создаются специальные правила, которые описываются с помощью определенных словесных выражений. Результаты отдельных выводов по правилам обобщаются, а полученный результат преобразуется в новое значение (задающую величину) для ввода в систему, управляющую объектом.

Существуют четыре способа составления правил нечеткой логики: 1) на основе опыта и знаний эксперта; 2) путем создания модели действий оператора (водителя); 3) путем обучения и 4) на основе нечеткой модели объекта. В первом способе извлекаются опыт и знания квалифицированного специалиста, которые обобщаются и приобретают вид продукционных правил в форме «если ... то». Второй способ используется в случаях, когда от экспертов не удается получить правила в словесном выражении, в частности, когда оператор или водитель запоминает манипуляции по воздействию на органы управления машиной, например, в виде движений рук и ног, но представить их на языковом уровне затрудняется. Но даже в этом случае, если действия оператора смоделировать в форме «если ... то», их можно непосредственно использовать в качестве правил управления. Третий способ эффективен в случаях, когда можно провести эксперимент на реальном объекте или существует модель объекта. Так, правила нечеткого управления можно формировать путем обучения, начиная либо заново, т.е. с ситуации, когда еще нет ни одного правила, либо в соответствии с изменением характеристик среды постепенно их улучшать (без привлечения экспертов). Четвертый способ используется в случаях, когда предполагается создание нечеткой модели объекта. Такая модель создается в виде продукционных правил «если ... то», которые выводятся исходя из целей управления, модели объекта, условий его функционирования и других обстоятельств.

При применении нечеткой логики существуют свои особенности. Первая заключается в том, что правила нечеткой логики, будучи условными высказываниями типа «если ... то», являются *логическими* и подчиняются всем законам математической логики. Использование таких правил осуществляется через механизм логических выводов. Логическое управление означает, что логику управления нужно представить и воспроизвести, а разнообразным предпосылкам поставить в соответствие некоторое действие. Для реального объекта это не только использование полной информации в отличие от классической теории управления, но и изменение режимов, программ и алгоритмов управления в зависимости от различных условий.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Вторая особенность – *параллельное управление*. Если в классических методах логическое правило представляется с помощью одной формулы, то при нечетком управлении используется большое число частных правил. Каждое правило действует в определенной области информационного пространства, используемого при управлении; для каждой локальной области распределенного информационною пространства целесообразно создавать отдельные правила управления. Если имеется много регулируемых величин, то для каждой из них лучше создать отдельные правила. Это касается и целей управления: если их много, то создавать правила желательно для каждой цели. Раньше классическое управление существенно ограничивало теоретически возможные разновидности целей в связи с необходимостью представлять цель обобщенной функцией. При нечеткой логике необходимость в целевых функциях и в решении традиционных задач оптимального управления, основанных на них, отпадает, поэтому можно успешно справляться со всем многообразием целей, даже если они являются взаимно противоречащими. Третья особенность – в том, что правила выражаются в *словесной форме* типа «если ... то». Это позволяет организовать управление в виде диалога ЭВМ с оператором, водителем. В этом случае человек легко может понимать действия автоматической системы и наоборот. Это открывает широкие возможности. Например, водитель сможет легко понимать действия системы управления и контролировать практическую реализацию заложенных в нее алгоритмов.

Таким образом, нечеткая логика способна удачно представить, воспроизвести и формализовать процессы мышления человека, т. е. способы принятия решения человеком и способы моделирования сложных объектов. Как известно, человек в ходе принятия решения легко овладевает ситуацией, разделяя ее на отдельные события; находит решение в сложных ситуациях путем применения для этих событий соответствующих правил принятия решения; на основании прошлого опыта искусно наделяет объект отличительными признаками и приходит к общему решению. Человек в повседневной деятельности никогда не пользуется формальным моделированием на основе математических выражений и применяет особый алгоритм. Язык, которым пользуется человек для моделирования, – это естественный язык, оперирующий нечеткими понятиями. Полученная на основе нечеткой логики модель не является унифицированной: она либо описывает свойства фрагментов объектов, либо является набором нескольких локальных моделей, поставленных в определенные условия. Сами локальные модели не используют числовых значений; обладая некоторой общностью, они просты для понимания на качественном уровне. При нечетком управлении по этому образцу создают модель действий оператора с помощью высказываний типа «если ... то», используя обычные слова. Человек в процессе представления знаний не запоминает данные в том порядке, в

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

котором они появляются, как не запоминает и свои собственные действия. Он обобщает и упорядочивает данные и действия в виде знаний так, чтобы их можно было легко понять и в дальнейшем просто к ним обратиться. Представление осуществляется на естественном языке. Вместо того, чтобы выстраивать цепочку числовых значений, человек проводит нечеткие границы типа «малый», «средний», «резкий», «плавный» и т. п., причем, если представление сводится к словам, то можно существенно сэкономить память и при необходимости легко вспомнить нужную информацию. Благодаря применению словесных правил можно легко описать всевозможные ситуации, представить случаи с неполными данными. Существенно то, что при представлении знаний человек пользуется языковыми структурами, которые по своей сути и смысловому содержанию уже являются нечеткими.

Системы, основанные на нечетких множествах, успешно используются в различных областях: автоматизация технологических процессов и транспорта, разведка ископаемых, управление компьютерными сетями, медицинское и техническое диагностирование, финансовый менеджмент, биржевое прогнозирование, распознавание образов, радиосвязь и телевидение. Спектр приложений очень широкий – от видеокамер и бытовых стиральных машин до средств наведения ракет ПВО и управления боевыми вертолетами.

В 1982 г. был создан и внедрен в управление процессом обжига цемента на заводе в Дании первый промышленный нечеткий контроллер. В 1987 г. фирма «Хитачи» (Япония) разработала нечеткую систему управления движением электропоезда в метро г. Сендай. В начале 90-х гг. XX в. началось серийное производство бытовых приборов с нечетким управлением: камеры с автоматической фокусировкой («Кэнон»), кондиционеры воздуха («Мицубиси»), стиральные машины («Панасоник» и «Матчушита»). Тогда же фирмы «Хонда» и «Ниссан» разработали автоматическую трансмиссию с нечетким управлением, а фирма «Тошиба» – нечеткий контроллер для лифта. В качестве конкретных примеров приложения нечеткой логики в технической сфере можно отметить следующие системы управления: роботами («Хирота», «Тошиба», «Фуджи Электрик», Япония), автомобильными двигателями и скоростью автомобилей («Ниссан», Япония), воротами плотины на гидроэлектростанциях («Токио Электрик Павер.», Япония), системы прогнозирования землетрясений, распознавания изображения в видеокамерах, вождения поездов в метрополитенах («Хитачи», Япония), повышения безопасности полетов («Даймлер Крайслер Аэроспэйс», Германия), управления скоростью линий и температурой при производстве стали («Кавасаки Стил», Япония), повышения безопасности ядерных реакторов («Хитачи», «Нуклеа Фуэл див», Япония), управления спутником связи (РКК «Энергия», Россия).

Успех первого промышленного контроллера, основанного на нечетких лингвистических правилах продукционного вида «Если – то» привел к повышению интереса к теории нечетких множеств среди ученых

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

и инженеров.

В 1993 г. Б. Коско была доказана *теорема о нечеткой аппроксимации* (Fuzzy Approximation Theorem), согласно которой **любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечеткой логике.** Суть ее в следующем: с помощью естественно-языковых высказываний-правил «если – то», с последующей их формализацией средствами теории нечетких множеств, можно сколь угодно точно отразить произвольную взаимосвязь «входы–выход» без использования сложного аппарата дифференциального и интегрального исчислений, традиционно применяемого в управлении и идентификации.

Практический опыт разработки систем нечеткого логического вывода свидетельствует, что сроки и стоимость их проектирования значительно меньше, чем при использовании традиционного математического аппарата, при этом обеспечивается требуемый уровень адаптации моделей к реальным условиям.

Интерес к теории нечетких множеств постоянно усиливается, о чем свидетельствует значительный рост публикаций в этой области. Издаются более десяти специализированных международных журналов по теории и применению нечетких множеств, среди которых «Fuzzy Sets and Systems» и «Applied Soft Computing» (издательство Elsevier Science), «Journal of Intelligent and Fuzzy Systems» (издательство IOS Press), «Intenational Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based System» (издательство World Scientific), «IEEE Transactions on Fuzzy Systems» (издательство IEEE), «Soft Computing» (издательство Springler-Verlag). Много журналов публикуют статьи по нечетким множествам, среди них русскоязычные «Кибернетика и системный анализ», «Известия РАН. Теория и системы управления», «Автоматика и телемеханика», «Автоматика и вычислительная техника», «Мехатроника, автоматизация, управление».

Практические успехи нечеткого управления получили теоретическое обоснование. *Нечеткая логика рассматривается как стандартный метод моделирования и проектирования.* **В январе 1997 г. язык нечеткого управления FCL Fuzzy Control Language внесен в Международный стандарт программируемых контроллеров IEC 1131–7.**

При автоматизации АТС необходимо использовать большое количество параметров, которые несут информацию об эффективности функционирования машин и качестве процессов. В САУ эти параметры называют *информационными переменными*. Опыт проектирования систем управления АТС показывает, что в качестве информационных переменных

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

необходимо использование нескольких параметров [105]. Естественно желание в использовании как можно большего количества информации, однако попытки учета множества информационных переменных традиционными методами приводят к существенным ограничениям (в частности, к сложности быстрой обработки информации).

Происходящие при движении автомобилей процессы являются динамическими. Характеристики внешней среды и механизмов непрерывно меняются. Поэтому для обеспечения эффективного и безопасного управления механизмами АТС одновременно с оперативным диагностированием САУ должна работать в режиме реального времени. В этой связи математический аппарат теории нечетких множеств и построенный на ней аппарат нейро-нечеткой идентификации (он изложен ниже) является именно тем инструментом, с помощью которого можно решить многие задачи в области автоматизации / управления диагностирования АТС на высоком современном уровне.

Представление информационных переменных (диагностических параметров) в виде нечетких множеств позволяет гибко и наиболее полно описывать как происходящие в объекте физические процессы, так и характеристики внешней среды, дорожные условия и ситуации, связанные с воздействием водителя на органы управления АТС, нештатные и опасные ситуации.

Системы, использующие нечеткую логику, включают базу знаний, состоящую из баз данных и продукционных правил, а также блок обработки переменных и вывода решений с процедурами фаззификации и дефаззификации. Математический аппарат нечеткой логики основан на теории нечетких множеств и в достаточном объеме приведен в [37, 80, 105, 117].

В аксиоматике нечеткой логики используются следующие понятия.

Нечеткое множество A; нечеткая переменная (α , X, A), где α – название (имя) переменной, X – универсальное множество (область определения α), A – нечеткое множество на X.

Лингвистическая переменная L (β, T, X', G, M), где β – название (имя) переменной, T – терм-множество, X' – базовая шкала, G – синтаксическая процедура, генерирующая новые термы, M – семантическая процедура, формирующая нечеткое множество.

Продукционные правила R_i:

$$(\textit{Если } \widetilde{A}_j, \textit{то } \widetilde{B}_j),\ j = \overline{1, N}\ , \tag{6.1}$$

где $\widetilde{A}_j$ и $\widetilde{B}_j$ – нечеткие высказывания.

Нечеткое множество A в X – совокупность упорядоченных пар вида

$$A = \{x,\ \text{м}_A(x)\ \}\ ;\ \ \mapsto \vec{X} \Rightarrow \vec{\tilde{X}}\ , \tag{6.2}$$

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

где $м_A(x): X \to [0,1]$.

Функция $м_A(x)$ является функцией принадлежности нечеткого множества A.

Вектор фаззифицированных переменных имеет вид:

$$\vec{\tilde{X}} = \{ L_1(word_1, \ldots, word_v),\ L_2(word_1, \ldots, word_w), \ldots,$$
$$L_p\ (word_1, \ldots, word_u)\},\quad м_A(x) = f(x_i), \tag{6.3}$$

Вектор лингвистических переменных имеет вид:

$$L = (word_1,\ word_2, \ldots, word_v), \tag{6.4}$$

где $word_v$ – лингвистические переменные, выраженные в вербальном виде (например, «малый», «средний», «большой»). Лингвистические переменные еще называют термами.

Вывод четкого решения U_R по правилам R_i осуществляется путем преобразования, называемого дефаззификацией, по схеме

$$U_R = (U_1, U_2, \ldots, U_k) \mapsto \vec{\tilde{U}} \Rightarrow \vec{U},\ k = \overline{1, K}, \tag{6.5}$$

где K – число механизмов вывода.

В качестве математических моделей функций принадлежности используются формулы, графическая форма, матричная форма (таблицы).

Продукционные правила обычно задаются в матричном виде.

В качестве функций принадлежности применяются алгебраические и тригонометрические функции. При использовании стандартных прикладных программ по нечеткой логике (например, fuzzy-matlab) они закладываются в базу данных и вызываются в случае обращения к ним. Например, редактор функций принадлежности Membership Function Editor программы fuzzy-matlab предназначен для задания нужной информации о нечетких множествах входных и выходных переменных.

Для получения функций принадлежности используют различные методы (метод статистической обработки экспертной информации, метод построения функций принадлежности на основе парных сравнений) [117, 139].

Нечеткая база знаний. *Нечеткой базой знаний* называется совокупность нечетких правил «Если – то», определяющих взаимосвязь между входами и выходами исследуемого объекта. Обобщенный формат нечетких правил:

Если *посылка правила,* **то** *заключение правила.* (6.6)

Предпосылка правила, или антецедент, представляет собой утверждение типа «x есть малое», где «малое» – это терм (лингвистическое значение), заданный нечетким множеством на универсальном множестве лингвистической переменной x. Квантификаторы «очень», «более-менее», «не», «почти» и т. п. могут использоваться для модификации термов антецедента.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Заключение, или следствие правила (консеквент) – это утверждение типа «y есть d», в котором значение выходной переменной (d) может задаваться:

1) нечетким термом «y есть средний»;
2) классом решений «y есть засорение фильтра»;
3) четкой константой «$y = 7$»;
4) четкой функцией от входных переменных «$y = 5 + 1.5 * x \wedge 2$».

Формирование продукционных правил удобно осуществлять на основе экспертного анализа или в результате проведения полного комплекса исследований объекта и получения определенных функциональных зависимостей.

Методы логического вывода. При получении решения в системах с нечеткой логикой и знаниями используют соответствующие *логические выводы*. Их получают по заранее определенным правилам. Выводы в интеллектуальных системах могут быть основаны и на обычной, четкой логике. В этом случае применяются четкие выводы с использованием логических, продукционных, фреймовых и других методов представления знаний. Однако зачастую наиболее целесообразным оказывается расширение четких выводов и доведение их до уровня нечетких.

Многие прикладные технические системы используют нечеткие знания и выводы по ним, в основу чего положены правила, полученные с помощью продукционных или реляционных методов. Могут также использоваться специальные композиционные правила нечетких выводов.

Существует несколько методов нечеткого логического вывода. Наиболее распространенные из них – это методы Мамдани, Сугено, Цукамото, Ларсена. Эти методы представляют собой восходящие выводы от предпосылок к заключению, т. е. когда по известным предпосылкам логических утверждений определяется заключение.

Рассмотрим алгоритм метода Мамдани, который включает несколько этапов. Предположим, используется две информационные переменные x_1 и x_2, которые в предпосылках продукционных правил описаны лингвистически. На первом этапе построчно получают нечеткие выводы по каждому из правил R_j в отдельности по схеме, показанной на рисунке 6.1. На втором этапе производится сложение результирующих функций, полученных на предыдущем этапе (применяется логическая операция ИЛИ, т. е. берется максимум). Третий этап – этап получения четкого решения (дефаззификация). Здесь применяется любой из известных классических методов, например, метод центра тяжести. В итоге получают однозначное числовое значение, т. е. четкое решение u (правый столбец на рисунке 6.1).

Нечеткий логический вывод ANFIS. ANFIS (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System) – адаптивная сеть нечеткого вывода, которая является одним из вариантов гибридных нейронечетких сетей –

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

нейронной сети прямого распространения сигнала особого типа. Структура нейронечеткой сети изоморфна нечеткой базе знаний. В нейронечетких сетях используются дифференцируемые реализации треугольных норм (умножение и вероятностное ИЛИ), а также гладкие функции принадлежности. Это позволяет применять для настройки нейронечетких сетей быстрые алгоритмы обучения нейронных сетей на основе метода обратного распространения ошибки.

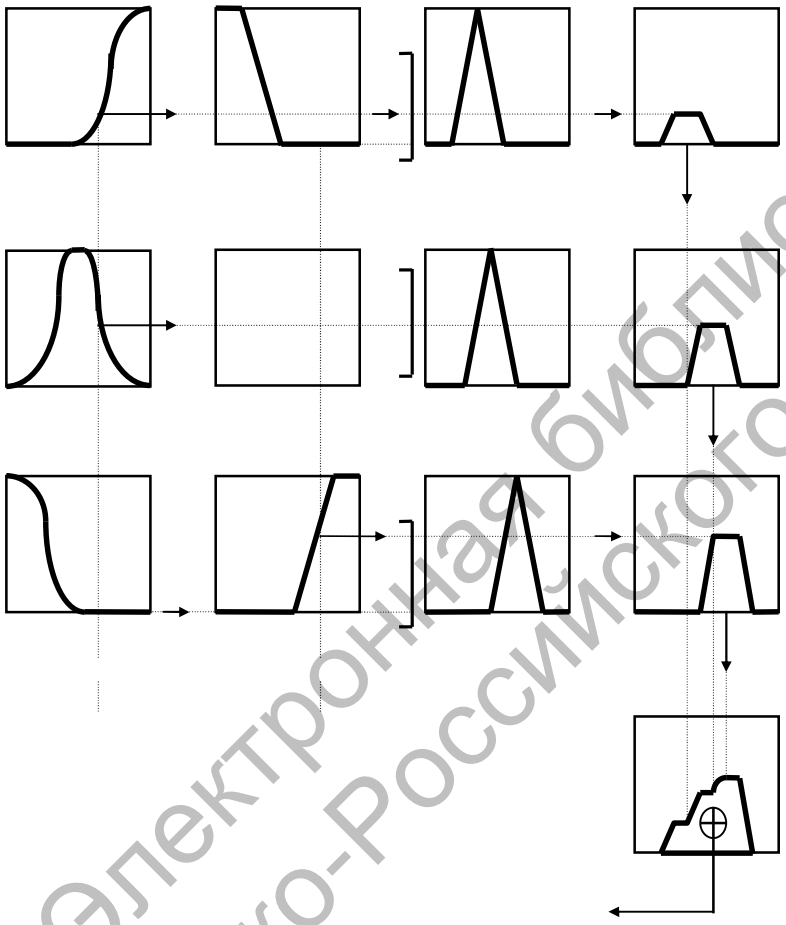


Рисунок 6.1 – Метод логического вывода Мамдани

ANFIS реализует систему нечеткого вывода Сугено в виде пятислойной нейронной сети прямого распространения сигнала. Назначение слоев следующее: первый слой – термы входных переменных; второй слой – антецеденты (посылки) нечетких правил; третий слой – нормализация степеней выполнения правил; четвертый слой – заключения правил; пятый слой – агрегирование результата, полученного по различным правилам.

Входы сети в отдельный слой не выделяются. На рисунке 6.2 изображена ANFIS-сеть с двумя входными переменными (x_1 и x_2) и четырьмя нечеткими правилами. Для лингвистической оценки входной переменной x_1 используется три терма, для переменной x_2 – два терма.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

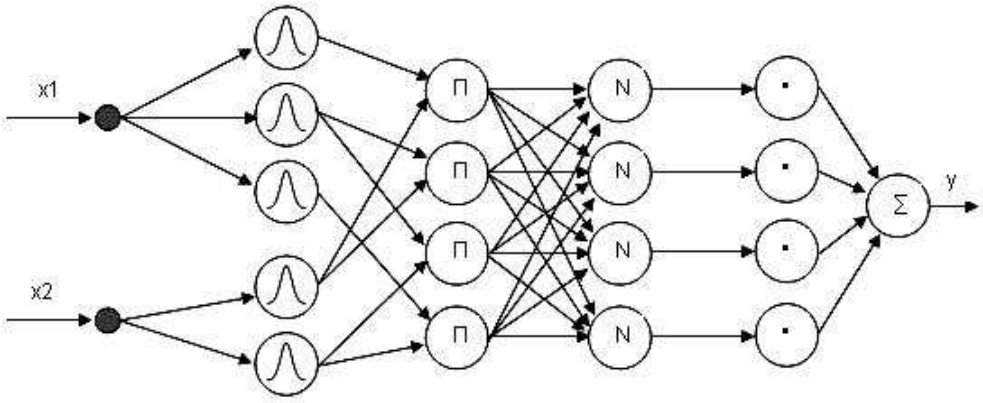


Рисунок 6.2 – Пример адаптивной сети нечеткого вывода

Введем следующие обозначения, необходимые для дальнейшего изложения: x_1, x_2, …, x_n – входы сети; y – выход сети; R_r – нечеткое правило с порядковым номером r:

$$\text{Если } x_1 = a_{1,r} \text{ и} \ldots \text{и } x_n = a_{n,r}, \text{ то } y = b_{0,r} + b_{1,r}x_1 + \ldots + b_{n,r}x_n, \qquad (6.7)$$

где $a_{i,r}$ – нечеткий терм с функцией принадлежности $\text{м}_r(x_i)$, применяемый для лингвистической оценки переменной x_i в r-м правиле ($r = \overline{1,m}; i = \overline{1,n}$); $b_{q,r}$ – действительные числа в заключении r-го правила ($r = \overline{1,m}; q = \overline{0,n}$).

ANFIS-сеть функционирует следующим образом.

Слой 1. Каждый узел первого слоя представляет один терм с колоколообразной функцией принадлежности. Входы сети x_1, x_2, …, x_n соединены только со своими термами. Количество узлов первого слоя равно сумме мощностей терм-множеств входных переменных. Выходом узла являются степень принадлежности значения входной переменной соответствующему нечеткому терму:

$$\text{м}_r(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\dfrac{x_i - c}{a}\right)^{2b}}, \qquad (6.8)$$

где a, b и c – настраиваемые параметры функции принадлежности.

Слой 2. Количество узлов второго слоя равно m. Каждый узел этого слоя соответствует одному нечеткому правилу. Узел второго слоя соединен с теми узлами первого слоя, которые формируют антецеденты соответствующего правила. Следовательно, каждый узел второго слоя может принимать от 1 до n входных сигналов. Выходом узла является степень выполнения правила, которая рассчитывается как произведение входных сигналов. Обозначим выходы узлов этого слоя через $\tau_r, r = \overline{1,m}$.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Слой 3. Количество узлов третьего слоя также равно *m*. Каждый узел этого слоя рассчитывает относительную степень выполнения нечеткого правила:

$$\phi_r^* = \frac{\phi_r}{\sum_{j=1}^{m} \tau_j}. \qquad (6.9)$$

Слой 4. Количество узлов четвертого слоя также равно *m*. Каждый узел соединен с одним узлом третьего слоя, а также со всеми входами сети (на рисунке 6.2 связи с входами не показаны). Узел четвертого слоя рассчитывает вклад одного нечеткого правила в выход сети:

$$y_r = \phi_r^* (b_{0,r} + b_{1,r} x_1 + ... + b_{n,r} x_n). \qquad (6.10)$$

Слой 5. Единственный узел этого слоя является суммирующим:

$$y = y_1 + ... y_r + ... y_m. \qquad (6.11)$$

Типовые процедуры обучения нейронных сетей могут быть применены для настройки ANFIS-сети, поскольку в ней используются только дифференцируемые функции. Обычно применяется комбинация градиентного спуска в виде алгоритма обратного распространения ошибки и метода наименьших квадратов. Алгоритм обратного распространения ошибки настраивает параметры антецедентов правил, т.е. функций принадлежности. Методом наименьших квадратов оцениваются коэффициенты заключений правил, так как они линейно связаны с выходом сети. Каждая итерация процедуры настройки выполняется в два этапа. На первом этапе на входы подается обучающая выборка, и по невязке между желаемым и действительным поведением сети методом наименьших квадратов находятся оптимальные параметры узлов четвертого слоя. На втором этапе остаточная невязка передается с выхода сети на входы, и методом обратного распространения ошибки модифицируются параметры узлов первого слоя. При этом найденные на первом этапе коэффициенты заключений правил не изменяются. Итерационная процедура настройки продолжается пока невязка превышает заранее установленное значение. Для настройки функций принадлежностей, кроме метода обратного распространения ошибки, могут использоваться и другие алгоритмы оптимизации, например, метод Левенберга-Марквардта.

Нейронечеткие сети находят широкое применение при создании диагностических систем. Важное преимущество таких систем – ***их способность к обучению.***

Использование нечеткой логики в диагностических экспертных системах. Экспертная подсистема логического вывода в диагностических системах представляет собой механизм рассуждений, оперирующий базой

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

знаний с целью получения новых данных из знаний и других сведений, имеющихся в рабочей памяти. Для этого обычно используются технологии дедуктивного логического вывода и поиска решения. Могут использоваться фреймовые или семантические сети. Для повышения эффективности постановки диагноза строят гибридные диагностические системы, состоящие из экспертной подсистемы и подсистемы, реализующей технологии нечеткой логики.

Подсистема логического вывода решения в таких системах может реализовывать рассуждения в виде: дедуктивного вывода (прямого, обратного, смешанного); нечеткого вывода; вероятностного вывода; унификации; поиска решения с разбиением на последовательность подзадач; поиска решения с использованием стратегии разбиения пространства поиска с учетом уровней абстрагирования решения или понятий, с ними связанных; монотонного или немонотонного рассуждения; рассуждений с использованием механизма аргументации; ассоциативного поиска с использованием нейронных сетей; вывода с использованием механизма лингвистической переменной.

Для ведения диалога с пользователем используется подсистема общения, в ходе которого система диагностирования запрашивает у пользователя необходимые факты для процесса рассуждения и дает возможность пользователю в какой-то мере контролировать и корректировать ход рассуждений. Может применяться подсистема объяснений, позволяющая пользователю как контролировать ход рассуждений, так и обучаться у экспертной подсистемы. Для корректировки и пополнения базы знаний используется подсистема приобретения знаний. В простейшем случае это – интеллектуальный редактор базы знаний, а в более сложных системах – средства для извлечения знаний из баз данных, неструктурированного текста, графической информации и т. д. [6, 7].

Нечеткая логика как методология решения проблем диагностирования во встроенных системах диагностирования, контроля и анализа информации. Широкие возможности и простота реализации нечеткой логики как методологии решения проблем управления и диагностирования предопределяют ее успешное использование во встроенных системах контроля и анализа информации. Важным преимуществом здесь является то, что к электронным компонентам добавляются логические и психологические качества человека: знания и интуиция эксперта, опыт оператора, возможность человека вмешиваться в процессы, пополнять средства базы данных системы, расширять возможности памяти процессора и др.

В отличие от традиционной математики, требующей на каждом шаге моделирования точных и однозначных формулировок закономерностей, нечеткая логика предлагает совершенно иной уровень мышления,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

благодаря которому творческий процесс моделирования происходит на наивысшем уровне абстракции, при котором постулируется лишь минимальный набор закономерностей.

Нечеткие числа, получаемые в результате «не вполне точных измерений», во многом аналогичны распределениям теории вероятностей, но лишены присущих последним недостатков, среди которых: малое количество пригодных к анализу функций распределения, необходимость их принудительной нормализации, соблюдение требований аддитивности, трудность обоснования адекватности математической абстракции для описания поведения фактических величин. В пределе, при возрастании точности, нечеткая логика приходит к стандартной, булевой логике. *По сравнению с вероятностным методом, нечеткий метод позволяет резко сократить объем производимых вычислений, что, в свою очередь, приводит к увеличению быстродействия нечетких систем.*

В большинстве случаев принятие решений при управлении и диагностировании происходит в среде нечетких знаний, **в условиях неопределенности**, обусловленной зачастую случайными факторами. При эксплуатации автомобиля неизбежны отказы, поломки, перебои в работе механизмов и их элементов. Естественно, априори неизвестно, когда и какой элемент системы выйдет из строя, как отреагирует система на возникновение аварийной ситуации, какой достоверный прогноз на возможность возникновения той или иной ситуации или неисправности и т. д.

Процессы, происходящие при функционировании технических объектов, сложные, а их характеристики являются неоднозначными. *В этой связи нечеткая логика и основанные на ней технологии, оперирующие с многозначностью, являются приемлемым и подходящим инструментом для реализации алгоритмов диагностирования и оперативного обеспечения правильного диагноза в режиме реального времени.*

Основы теории искусственных нейронных сетей

Структура искусственных нейронных сетей была смоделирована как результат изучения человеческого мозга. На рисунке 6.3 показана структура пары типичных *биологических нейронов*. Дендриты идут от тела нервной клетки к другим нейронам, где они принимают сигналы в точках соединения, называемых синапсами. Принятые синапсом входные сигналы подводятся к телу нейрона. Здесь они суммируются, причем одни входы стремятся активизировать нейрон, другие – воспрепятствовать его активизации. При превышении некоторого порога нейрон активизируется, посылая по аксону сигнал другим нейронам.

Искусственный нейрон имитирует в первом приближении свойства

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

биологического нейрона. На вход искусственного нейрона поступает некоторое множество сигналов, каждый из которых является выходом другого нейрона. Каждый вход умножается на соответствующий вес, аналогичный синаптической силе, и все произведения суммируются, определяя уровень активации нейрона.

Нейросетевые модели весьма разнообразны (рисунок 6.4). Имеется множество входных сигналов, обозначенных x_1, x_2,…, x_n, поступает на искусственный нейрон. Эти входные сигналы, в совокупности обозначаемые вектором $\vec{X}$, соответствуют сигналам, приходящим в синапсы биологического нейрона.

Каждый сигнал умножается на соответствующие коэффициенты веса $w_1, w_2, ..., w_n$ и поступает на суммирующий блок, обозначенный $\sum$. Каждый коэффициент веса соответствует «силе» одной биологической синаптической связи. Множество весов в совокупности образует вектор $\vec{W}$.

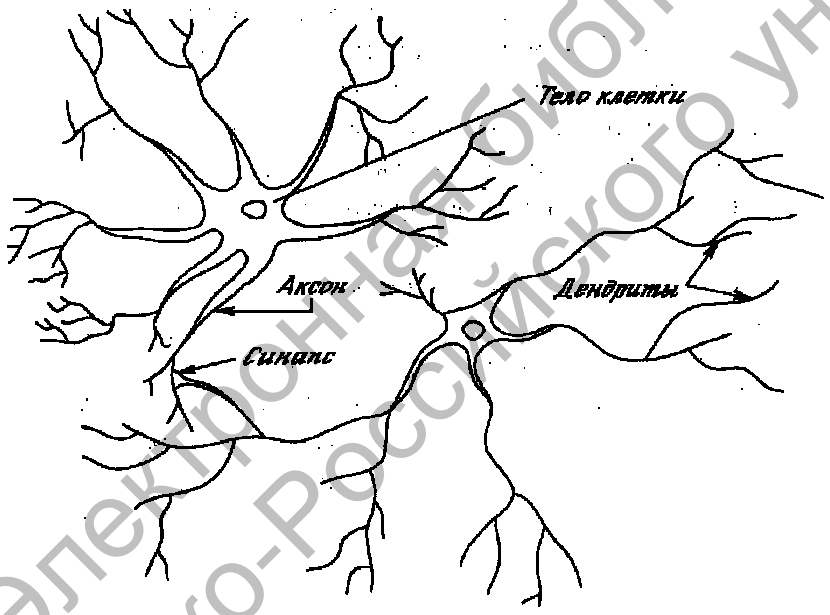


Рисунок 6.3 – Биологический нейрон

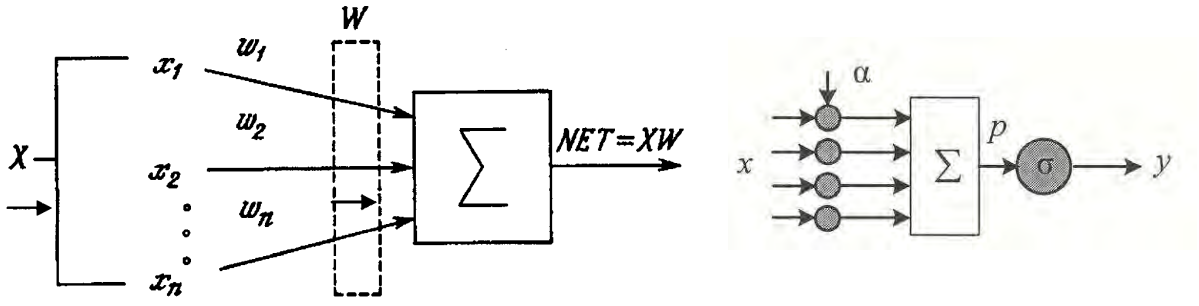


Рисунок 6.4 – Модели искусственного нейрона

Электронная библиотека Российско-Российского университета

Суммирующий блок складывает взвешенные входы алгебраически, создавая выход, называемый *NET*. В векторных обозначениях это записывается: $NET = \vec{X} \cdot \vec{W}$. На рисунке 6.4 использованы следующие обозначения: $\vec{x}$ – вектор входных сигналов нейрона; $\vec{\alpha}$ – вектор синаптических весов нейрона; $\sum$ – входной сумматор нейрона; $p = (\vec{\alpha}, \vec{x})$ – выходной сигнал входного сумматора; σ – функциональный (сигмоидный) преобразователь; y – выходной сигнал нейрона.

Обычно нейронные сети называют по виду функции σ (p). Наиболее часто используется два вида сигмоидных сетей:

$$S_1 : \mathrm{y}(p) = \frac{1}{1 + \exp(-cp)}; \quad S_2 : \mathrm{y}(p) = \frac{p}{c + |p|}, \tag{6.11}$$

где c – параметр характеристики нейрона.

Каждому типу нейрона соответствует свой интервал приемлемых входных данных. Как правило, этот диапазон, обозначаемый [a, b], либо совпадает с диапазоном выдаваемых выходных сигналов (например, для сигмоидных нейронов с функцией S_1), либо является объединением диапазона выдаваемых выходных сигналов и отрезка, симметричного ему относительно нуля (например, для сигмоидных нейронов с функцией S_2).

Активационные функции. Сигнал *NET* преобразуется активационной функцией F и дает выходной нейронный сигнал *OUT*. Активационная функция может быть обычной линейной функцией

$$OUT = K\,(NET), \tag{6.12}$$

где K – постоянная пороговой функции.

$$OUT = \begin{cases} 0, \text{если } NET \le T; \\ 1, \text{если } NET > T, \end{cases} \tag{6.13}$$

где T – некоторая постоянная пороговая величина или же функция, более точно моделирующая нелинейную передаточную характеристику биологического нейрона.

На рисунке 6.5 приведена модель нейрона с активационной функцией. Блок F принимает сигнал *NET* и выдает сигнал *OUT*.

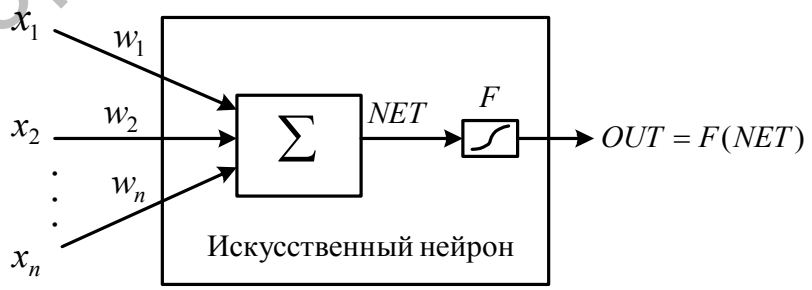


Рисунок 6.5 – Искусственный нейрон с активационной функцией

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

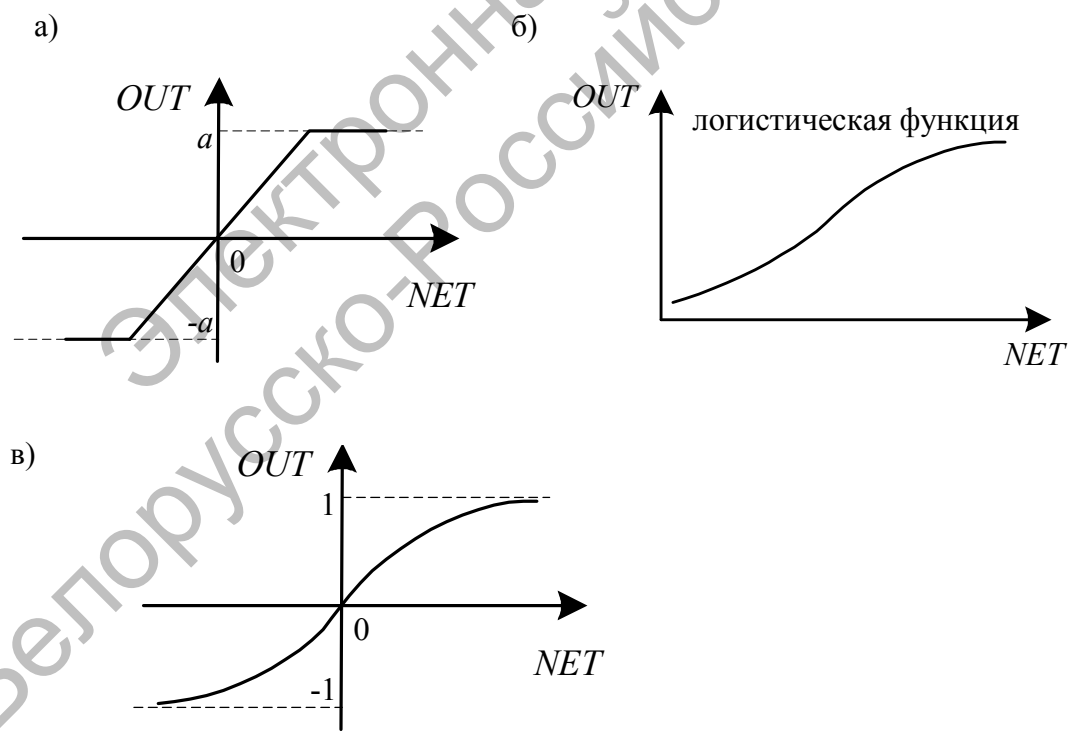
Если величина порога равна a, то активационная функция, представленная на рисунке 6.6, а, описывается следующим выражением:

$$OUT = \begin{vmatrix} a, NET > a; \\ NET, -a \le NET \le a; \\ -a, NET < -a. \end{vmatrix} \qquad (6.14)$$

В сжимающих функциях блок F сужает диапазон изменения величины NET так, что при любых значениях NET значения OUT принадлежат некоторому конечному интервалу. Пример сжимающей функции – логистическая или сигмоидальная (S-образная) функция, показанная на рисунке 6.6, б. Математически она описываемая как $F(x) = 1/(1 + e^{-x})$.

$$OUT = \frac{1}{1 + e^{-NET}} = F(NET). \qquad (6.15)$$

Коэффициент усиления равен отношению приращения величины OUT к вызвавшему его небольшому приращению величины NET. Он выражается наклоном кривой при определенном уровне возбуждения и изменяется от малых значений при больших отрицательных возбуждениях (кривая почти горизонтальна) до максимального значения при нулевом возбуждении и снова уменьшается, когда возбуждение становится большим положительным.



а – линейная с порогом; б – сигмоидальная; в – функция гиперболического тангенса

Рисунок 6.6 – Виды активационных функций

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

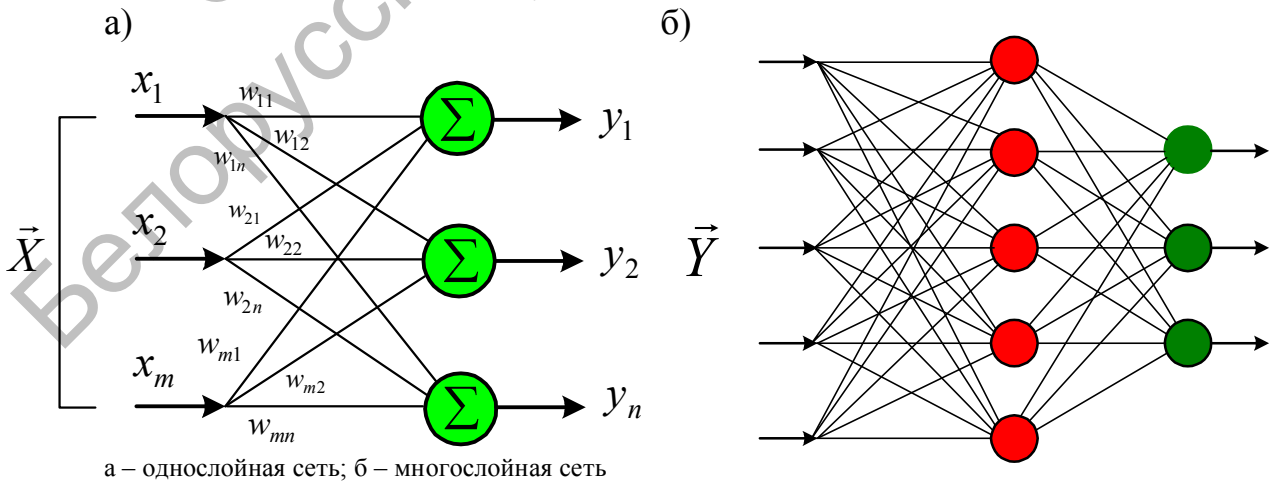
Другой широко используемой активационной функцией является гиперболический тангенс:

$$OUT = \text{th}\,(x). \qquad (6.16)$$

Гиперболический тангенс является *S*-образной функцией, симметричной относительно начала координат, и в точке $NET = 0$ значение выходного сигнала *OUT* равно нулю (рисунок 6.6, в).

Однослойные искусственные нейронные сети. Эффект нейронных вычислений зависит от соединений нейронов в сетях. Простейшая сеть состоит из группы нейронов, образующих слой, как показано на рисунке 6.7, а. Причем разветвления после входных стрелок служат лишь для распределения входных сигналов, не выполняя функций вычисления, поэтому не считаются слоем. Вычисляющие нейроны, образующие слой, обозначены вершинами-кругами. Каждый элемент из множества входов $\vec{X}$ отдельным весом соединен с каждым искусственным нейроном. Каждый нейрон выдает взвешенную сумму входов в сеть. В искусственных и биологических сетях многие соединения могут отсутствовать. Могут иметь место также соединения между выходами и входами элементов в слое. Веса – это элементы матрицы $\vec{W}$, имеющей m строк и n столбцов, где m – число входов, а n – число нейронов. Например, $w_{2,3}$ – это вес, связывающий третий вход со вторым нейроном. Вычисление выходного вектора $\vec{Y}$, компонентами которого являются выходы *OUT* нейронов, сводится к матричному умножению $\vec{Y} = \vec{X}\,\vec{W}$, где $\vec{Y}$ и $\vec{X}$ – векторы-строки.

Многослойные искусственные нейронные сети. Нейронные сети с многочисленными слоями нейронов обладают лучшими вычислительными способностями по сравнению с однослойными. Послойная организация нейронов копирует слоистые структуры определенных отделов мозга. Для таких сетей разработаны специальные алгоритмы обучения. Многослойные сети могут образовываться каскадами слоев (рисунок 6.7, б). Выход одного слоя является входом для последующего.



а – однослойная сеть; б – многослойная сеть

Рисунок 6.7 – Типы нейронных сетей

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

На рисунке 6.8 показана двухслойная сеть.

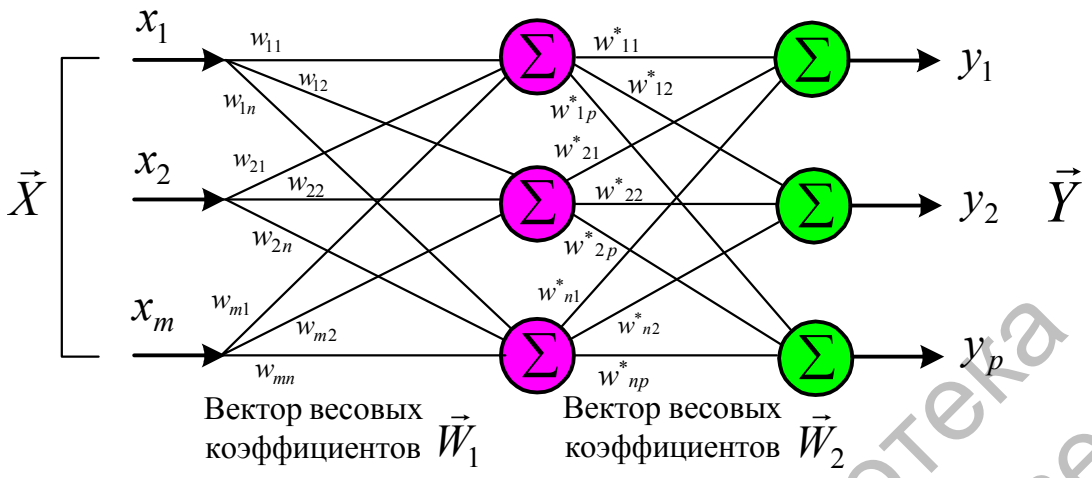


Рисунок 6.8 – Двухслойная нейронная сеть

Вычисление выхода слоя заключается в умножении входного вектора на первую весовую матрицу с последующим умножением результирующего вектора на вторую весовую матрицу:

$$\vec{Y} = (\vec{X} \cdot \vec{W}_1) \cdot \vec{W}_2 = \vec{X} \cdot (\vec{W}_1 \cdot \vec{W}_2) \,. \qquad (6.17)$$

Двухслойная линейная сеть эквивалентна одному слою с весовой матрицей, равной произведению двух весовых матриц, поэтому любая многослойная линейная сеть с n слоями может быть заменена эквивалентной однослойной сетью. Результат выходного вектора такой сети равен $\vec{Y} = \vec{X} \cdot (\vec{W}_1 \cdot \vec{W}_2 \cdot \ldots \cdot \vec{W}_n)$.

У сетей, рассмотренных выше, отсутствуют обратные связи, т. е. соединения, идущие от выходов некоторого слоя к входам этого же слоя или предшествующих слоев. Этот класс сетей, называемых сетями без обратных связей или сетями прямого распространения, широко используется. Сети более общего вида, имеющие соединения от выходов к входам, – это сети с обратными связями. Так как у сетей без обратных связей нет памяти, их выход полностью определяется текущими входами и значениями весов. В некоторых конфигурациях сетей с обратными связями предыдущие значения выходов возвращаются на входы; выход, следовательно, определяется как текущим входом, так и предыдущими выходами. По этой причине сети с обратными связями могут обладать свойствами, сходными с кратковременной человеческой памятью, где сетевые выходы частично зависят от предыдущих входов.

Процедура обратного распространения. Разработка алгоритмов

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

обратного распространения сняла проблему ограниченных возможностей однослойных нейронных сетей. Процедуры обратного распространения применимы к сетям с любым числом слоев с прямым и обратным распространением.

Рассмотрим данный алгоритм на примере сети, состоящей из двух слоев с прямым распространением (рисунок 6.9). Цель обучения сети состоит в таком подборе значений коэффициентов, чтобы определенное множество входов $\vec{X}$ приводило к требуемому множеству выходов $\vec{Y}$. Для каждого вектора $\vec{X}$ существует парный ему целевой вектор $\vec{Y}$, пара ($\vec{X}$, $\vec{Y}$) называется обучающей парой. Перед началом обучения присваивают весам любые небольшие начальные значения с тем, чтобы избежать насыщения сети большими значениями весов.

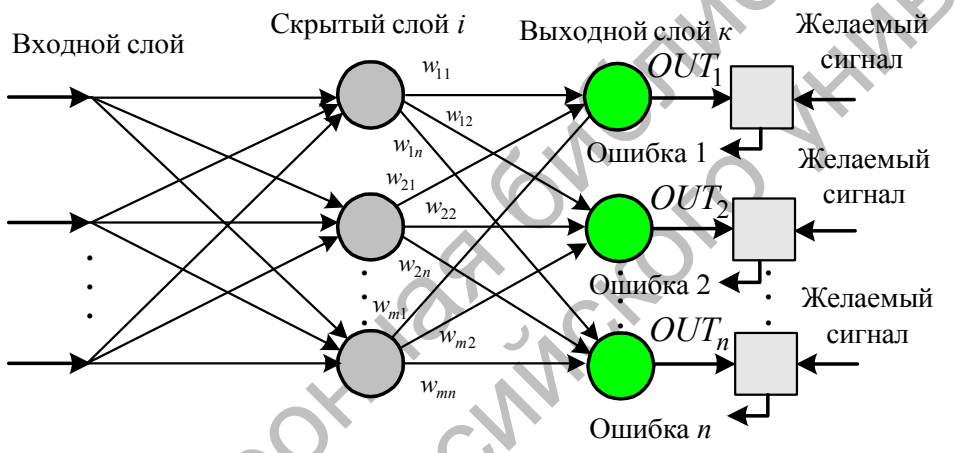


Рисунок 6.9 – Двухслойная сеть обратного распространения

Алгоритм обучения сети обратного распространения включает следующие процедуры: выбирают очередную обучающую пару ($\vec{X}$, $\vec{Y}$) из обучающего множества и подают входной вектор $\vec{X}$ на вход сети; вычисляют выход сети; вычисляют разность между реальным (вычисленным) выходом сети и требуемым выходом (целевым вектором обучающей пары); корректируют коэффициенты сети так, чтобы минимизировать ошибку; повторяют шаги с 1 по 4 для каждого вектора обучающего множества до тех пор, пока ошибка на всем множестве не достигнет приемлемой величины.

Шаги 1 и 2 подобны тем, которые имеются в обученной сети. Вычисления в сети выполняются послойно. На шаге 3 каждый из выходов сети вычитается из соответствующей компоненты целевого вектора с

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

целью получения ошибки, которая используется на шаге 4 для коррекции весов сети, причем знак и величина изменений определяются алгоритмом обучения. Шаги 1 и 2 рассматриваются как «проход вперед», т. к. сигнал распространяется по сети от входа к выходу. Шаги 3 и 4 составляют «обратный проход» – вычисляемый сигнал ошибки распространяется обратно по сети и используется для подстройки весов [21].

Существуют сети встречного распространения. У них по сравнению с сетями обратного распространения время обучения уменьшается в сотни раз.

При изучении функционирования нейронных сетей рассматривают два случая: процесс обучения нейронной сети и использование обученной сети. При использовании обученной сети происходит только решение сетью определенной задачи, и синаптическая карта сети остается неизменной. Работу сети при решении задачи называют *прямым функционированием*.

При обучении нейронных сетей методом обратного распространения ошибки нейронная сеть и каждый составляющий ее элемент должны уметь выполнять обратное функционирование. Обратное функционирование позволяет обучать также и нейросети, традиционно считающиеся не обучаемыми, а формируемыми (например, сети Хопфильда) [21].

Обратным функционированием называется процесс работы сети, когда на вход двойственной сети подаются определенные сигналы, которые далее распространяются по связям этой сети. При прохождении сигналов обратного функционирования через элемент, двойственный элементу с обучаемыми параметрами, вычисляются поправки к параметрам этого элемента. Если на вход сети, двойственной сети с непрерывными элементами, подается производная некоторой функции F от выходных сигналов сети, то вычисляемые сетью поправки должны быть элементами градиента функции F по обучаемым параметрам сети. Двойственная сеть строится так, чтобы удовлетворять этому требованию.

Алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей. Отличительной особенностью искусственных нейронных сетей является их способность к обучению. Их обучение в определенной степени напоминает процесс интеллектуального развития человеческой личности, хотя возможностям обучения искусственных нейронных сетей присущи ограничения.

Цель обучения сети заключается в том, чтобы для некоторого множества входов давать желаемое (или, по крайней мере, сообразное с ним) множество выходов. Каждое такое входное (или выходное) множество рассматривается как вектор. Обучение осуществляется путем последовательного предъявления входных векторов с одновременной подстройкой весов в соответствии с определенной процедурой. В процессе обучения веса сети постепенно становятся такими, чтобы каждый входной

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

вектор вырабатывал выходной вектор.

Для обучения нейронных сетей используют алгоритмы двух типов (разные типы сетей используют разные типы обучения): управляемое («обучение с учителем») и неуправляемое («без учителя»).

Для управляемого обучения сети подготавливается набор обучающих данных, представляющих собой примеры входных данных и соответствующих им выходов. Цель данного обучения заключается в нахождении зависимости между входом и выходом. В качестве обучающих данных используют проверенные сведения, факты, результаты эксперимента, экспертные данные. Затем нейронная сеть обучается с помощью того или иного алгоритма или метода обучения. Например, при использовании метода обратного распространения имеющиеся данные используются для корректировки весов и пороговых значений сети таким образом, чтобы минимизировать ошибку прогноза на обучающем множестве. При достижении цели обучения сеть приобретает способность моделировать неизвестную функцию, связывающую значения входных и выходных переменных, и впоследствии эту обученную сеть можно использовать для прогнозирования в ситуации, когда выходные значения неизвестны.

При управляемом обучении, или обучении с учителем, предполагается, что для каждого входного вектора существует целевой вектор, представляющий собой требуемый выход. Вместе они называются обучающей парой. Обычно сеть обучается на некотором числе таких обучающих пар. Предъявляется выходной вектор, вычисляется выход сети и сравнивается с соответствующим целевым вектором, разность (ошибка) с помощью обратной связи подается в сеть, и веса изменяются в соответствии с алгоритмом, стремящимся минимизировать ошибку. Векторы обучающего множества предъявляются последовательно, вычисляются ошибки, и веса подстраиваются для каждого вектора до тех пор, пока ошибка по всему обучающему массиву не достигнет приемлемо низкого уровня.

Обучение без учителя является намного более перспективной моделью обучения в биологической системе. Такая модель не нуждается в целевом векторе для выходов и, следовательно, не требует сравнения с предопределенными идеальными ответами. Обучающее множество состоит лишь из входных векторов. Обучающий алгоритм подстраивает веса сети так, чтобы получались согласованные выходные векторы, т. е. чтобы предъявление достаточно близких входных векторов давало одинаковые выходы. Процесс обучения выделяет статистические свойства обучающего множества и группирует сходные векторы в классы. Предъявление на вход вектора из данного класса даст определенный выходной вектор, но до обучения невозможно предсказать, какой выход будет производиться данным классом входных векторов. Следовательно, выходы подобной сети должны трансформироваться в некоторую

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

понятную форму, обусловленную процессом обучения. Это не является серьезной проблемой, и обычно несложно идентифицировать связь между входом и выходом, установленную сетью.

Большинство современных алгоритмов обучения выросло из концепций Хэбба, которым была предложена модель обучения без учителя. В этой модели синаптическая мощность возрастает, если активированы оба нейрона, источник и приемник.

Используется ряд обучающих алгоритмов, причем многие из них имеют свои разновидности [21]. Распространен алгоритм обратного распространения, реализующий методы нелинейной оптимизации. В нем вычисляется вектор градиента поверхности ошибок, который указывает направление кратчайшего спуска по поверхности из данной точки в сторону уменьшения ошибки. Далее делается «прыжок» вниз на расстояние, пропорциональное коэффициенту скорости обучения и крутизне склона. Данный алгоритм реализует стратегию скорейшего продвижения к точке минимума. При этом целесообразно шаг спуска вычислять отдельно для всех обучающих наблюдений.

В методе сопряженных градиентов используется то обстоятельство, что при нахождении минимума при движении вдоль некоторой прямой производная по этому направлению равна нулю. Сопряженное направление выбирается таким образом, чтобы эта производная и дальше оставалась нулевой – в предположении, что поверхность имеет форму параболоида, т. е. является гладкой.

Для обучения сети рекомендуется выбирать такие переменные, которые предположительно влияют на результат. Для анализа целесообразно иметь порядка сотен или тысяч наблюдений: чем больше в задаче переменных, тем больше нужно иметь наблюдений.

При синтезе и обучении адаптивных нейронечетких сетей в среде нечеткого моделирования ANFIS (см. выше) могут использоваться обучающие, тестирующие и контрольные выборки экспериментальных данных. Они, как правило, представляются отдельными файлами и могут подаваться на вход сети от специальных регистраторов микроконтроллеров, осуществляющих процессы управления либо диагностирования в режиме реального времени.

Пример использования ИНС в задачах автоматизации мобильных машин рассмотрен в следующем подразделе.

Генетические алгоритмы и технологии эволюционного моделирования

Генетические алгоритмы (ГА), по аналогии с происхождением нейронных сетей, возникли в результате наблюдения за процессами живой материи. ГА моделируют эволюционные и селективные процессы,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

происходящие внутри популяций живых существ. Конечно, при сопоставлении нейронных сетей и генетических алгоритмов следует обращать внимание на принципиально различную длительность протекания этих процессов, т. е. на чрезвычайно быструю обработку информации в нервной системе и очень медленный процесс естественной эволюции. Однако при компьютерном моделировании эти различия оказываются несущественными.

Идею генетических алгоритмов высказал Джон Холланд в конце шестидесятых – начале семидесятых годов XX века. Он заинтересовался свойствами процессов естественной эволюции (например, тем, что эволюционируют хромосомы, а не сами живые существа). Холланд был уверен в возможности составить и реализовать в виде компьютерной программы алгоритм, который будет решать сложные задачи наподобие природных эволюционных процессов. Первые алгоритмы оперировали с последовательностями двоичных цифр (единиц и нулей), получившими название *хромосом.* Эти алгоритмы имитировали эволюционные процессы в поколениях таких хромосом. В них были реализованы механизмы *селекции*и *репродукции,* аналогичные применяемым при естественной эволюции. Также как и в природе, генетические алгоритмы осуществляли поиск «хороших» хромосом без использования какой-либо информации о характере решаемой задачи. Требовалась только некая оценка каждой хромосомы, отражающая ее *приспособленность.* Механизм *селекции* заключается в выборе хромосом с наивысшей оценкой (т.е. наиболее приспособленных), которые репродуцируют чаще, чем особи с более низкой оценкой (хуже приспособленные). *Репродукция* означает создание новых хромосом в результате рекомбинации генов родительских хромосом. *Рекомбинация* – это процесс, в результате которого возникают новые комбинации генов. Для этого используются две операции: *скрещивание* – создание двух совершенно новых хромосом потомков путем комбинирования генетического материала пары родителей, и *мутация,* которая может вызывать изменения в отдельных хромосомах.

В генетических алгоритмах применяется ряд терминов, заимствованных из генетики, прежде всего *гены* и *хромосомы,* а также *популяция, особь, аллель, генотип, фенотип.*

ГА и программное обеспечение на их основе применяются в системах оптимизации, искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетях и в других отраслях знаний. Они позволяют решать задачи, для которых ранее использовались только нейронные сети. В этом случае генетические алгоритмы выступают просто в роли независимого от нейронных сетей альтернативного метода, предназначенного для решения той же самой задачи. Хрестоматийным примером может служить задача коммивояжера, изначально решавшаяся при помощи сети Хопфилда. ГА часто используются совместно с нейронными сетями. Они могут

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

поддерживать нейронные сети или наоборот, либо оба метода взаимодействуют в рамках гибридной системы, предназначенной для решения конкретной задачи. Генетические алгоритмы также успешно применяются совместно с нечеткими системами.

В общем смысле генетический алгоритм представляет собой метод оптимизации, основанный на концепциях естественного отбора и генетики. В этом подходе переменные, характеризующие решение, представлены в виде модели «ген в хромосоме». ГА оперирует конечным множеством решений (популяцией) – генерирует новые решения как различные комбинации частей решений популяции, используя такие операторы, как отбор, рекомбинация (кроссинговер) и мутация. Новые решения позиционируются в популяции в соответствии с их положением на поверхности исследуемой функции.

В ГА делается предположение, что если взять два вполне хороших решения задачи и каким-либо образом получить из них новое решение, то будет высокая вероятность того, что новое решение получится хорошим или даже лучшим. Для реализации этого используют моделирование эволюции (естественного отбора) или если проще – борьбы за выживание. В природе, по упрощенной схеме, каждый живой организм стремится выжить, чтобы оставить после себя как можно больше потомства. Выжить в таких условиях могут лишь сильнейшие. Тогда остается организовать некоторую среду – популяцию, населить её решениями – особями, и устроить им борьбу. Для этого определяют функцию, по которой будет определяться сила особи – качество предложенного ею решения. Основываясь на этом параметре, вычисляют для каждой особи количество оставляемых ею потомков, или вероятность того, что эта особь оставит потомка. Причем, не исключен вариант, когда особь со слишком низким значением этого параметра «умрёт». Отметим, что генетический алгоритм реализует приближенную оптимизацию. Он не гарантирует нахождение наилучшего решения, его функционирование проявляется в приближении к последнему.

В конце 60-х гг. Л. Дж. Фогель, А. Дж. Оуэнс, М. Дж. Волш исследовали эволюцию простых автоматов, предсказывающих символы в цифровых последовательностях, пока в 1975 г. Дж. Холланд не предложил схему генетического алгоритма. Эти работы легли в основу главных направлений разработки эволюционных алгоритмов.

Простой генетический алгоритм (ПГА) был впервые описан Гольдбергом на основе работ Дж. Холланда.

Преимущества генетических алгоритмов: не требуют никакой дополнительной информации о поверхности ответа; разрывы, существующие на поверхности ответа незначительно влияют на эффективность оптимизации; устойчивы к попаданию в локальные оптимумы; хорошо работают при решении задач многоцелевой оптимизации; могут быть

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

использованы для широкого класса задач; просты и прозрачны в реализации; могут быть использованы в задачах с изменяющейся средой.

Существуют и недостатки генетических алгоритмов. Нежелательно и проблематично использовать ГА в случаях, когда необходимо найти точный глобальный оптимум; время исполнения функции оценки велико; необходимо найти все решения задачи, а не одно из них; конфигурация является не простой (кодирование решения); поверхность ответа имеет слабоизменяющийся рельеф.

Механизм ПГА несложен. Он копирует последовательности и переставляет их части. Предварительно ГА случайно генерирует популяцию последовательностей – стрингов (хромосом). Затем ГА применяет множество простых операций к начальной популяции и генерирует новые популяции.

ПГА состоит из трех операторов: репродукция, кроссинговер, мутация.

Репродукция – процесс, в котором хромосомы копируются согласно их целевой функции (ЦФ). Копирование хромосом с «лучшим» значением ЦФ имеет большую вероятность для их попадания в следующую генерацию. Оператор репродукции (ОР) является искусственной версией натуральной селекции («выживания сильнейших»).

Можно отметить, что эволюция в принципе – это процесс оптимизации всех живых организмов. Рассмотрим, какими же средствами природа «решает» эту задачу оптимизации.

Основной механизм эволюции – это естественный отбор. Его суть состоит в том, что более приспособленные особи имеют больше возможностей для выживания и размножения и, следовательно, приносят больше потомства, чем плохо приспособленные особи. Благодаря передаче генетической информации (*генетическому наследованию*) потомки наследуют от родителей основные их качества. Таким образом, потомки сильных индивидуумов также будут относительно хорошо приспособленными, а их доля в общей массе особей будет возрастать. После смены нескольких десятков или сотен поколений средняя приспособленность особей данного вида заметно возрастает.

Рассмотрим, как устроены механизмы генетического наследования в природе. В каждой клетке любого животного содержится вся генетическая информация этой особи, которая записана в виде набора очень длинных молекул ДНК. Каждая молекула ДНК – это цепочка, состоящая из молекул *нуклеотидов* четырех типов: *A*, *T*, *C* и *G*. Информацию несет порядок следования нуклеотидов в ДНК. Таким образом, генетический код индивидуума – это очень длинная строка символов, где используются всего четыре буквы. В животной клетке каждая молекула ДНК окружена оболочкой – хромосомой. Каждое врожденное качество особи кодируется определенной частью хромосомы – *геном* этого свойства. Например, ген

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

цвета глаз содержит информацию, кодирующую определенный цвет глаз. Различные значения гена называются его *аллелями*. При слиянии двух родительских клеток их ДНК взаимодействуют, образуя ДНК потомка. Основной способ взаимодействия – *кроссовер (cross-over, скрещивание)*. При кроссовере ДНК предков делятся на две части, а затем обмениваются своими половинами. При наследовании возможны мутации из-за радиоактивности или других влияний, в результате которых могут измениться некоторые гены в клетках одного из родителей. Измененные гены передаются потомку и придают ему новые свойства. Если эти новые свойства полезны, они, скорее всего, сохранятся в данном виде – при этом произойдет скачкообразное повышение приспособленности вида.

Таким образом, заимствованная *идея ГА* у живой природы *состоит в организации процесса, конечной целью которого является получение оптимального решения в сложной комбинаторной задаче*. Разработчик генетических алгоритмов выступает в данном случае как «создатель», который должен правильно установить законы эволюции, чтобы достичь желаемой цели как можно быстрее.

На сегодняшний день ГА доказали свою конкурентоспособность при решении многих задач и особенно в практических приложениях, где математические модели имеют сложную структуру и применение стандартных методов (ветвей и границ, динамического или линейного программирования и др.) крайне затруднено.

Общая схема генетических алгоритмов понятна при рассмотрении задачи безусловной оптимизации

$$\max\{f(i), i \in \{0,1\}^n\}. \qquad (6.18)$$

Стандартный генетический алгоритм начинает свою работу с формирования начальной *популяции* $I_0 = \{i_1, i_2, \ldots, i_s\}$ – конечного набора допустимых решений задачи. Эти решения могут быть выбраны случайным образом или получены с помощью разновидностей вероятностных алгоритмов. Причем выбор начальной популяции не имеет значения для сходимости асимптотического процесса, однако формирование «хорошей» начальной популяции (например, из множества локальных оптимумов) может заметно сократить время достижения глобального оптимума. На каждом шаге эволюции с помощью вероятностного оператора селекции выбираются два решения, родители i_1, i_2. Оператор скрещивания по решениям i_1, i_2 строит новое решение i', которое затем подвергается небольшим случайным модификациям – мутациям. Затем решение добавляется в популяцию, а решение с наименьшим значением целевой функции удаляется из популяции. Общая схема такого алгоритма может быть записана следующим образом.

Основные шаги генетического алгоритма.

1 Выбрать начальную популяцию I_0 и положить $f^* = \max\{f(i) \mid i \in I_0\}$,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

$k := 0$.

2 Пока не выполнен критерий остановки, выполнять следующее.

2.1 Выбрать родителей i_1, i_2 из популяции I_k.

2.2 Построить i' по i_1, i_2.

2.3 Модифицировать i'.

2.4 Если $f^* < f(i')$, то $f^* := f(i')$.

2.5 Обновить популяцию и положить $k := k+1$.

Рассмотрим основные операторы этого алгоритма: селекции, скрещивании и мутации. Среди операторов селекции наиболее распространенными являются два вероятностных оператора *пропорциональной* и *турнирной* селекции. При пропорциональной селекции вероятность на k-м шаге выбрать решение i в качестве одного из родителей задается формулой

$$P\{i - \text{выбрано}\} = \frac{f(i)}{\sum\limits_{j \in I_k} f(i)}, i \in I_k \qquad (6.19)$$

в предположении, что $f(i) > 0$ для всех $i \in I$. При турнирной селекции формируется случайное подмножество из элементов популяции и среди них выбирается один элемент с наибольшим значением целевой функции. Турнирная селекция имеет определенные преимущества перед пропорциональной, так как не теряет своей избирательности, когда в ходе эволюции все элементы популяции становятся примерно равными по значению целевой функции. Операторы селекции строятся таким образом, чтобы с ненулевой вероятностью любой элемент популяции мог бы быть выбран в качестве одного из родителей. Более того, допускается ситуация, когда оба родителя представлены одним и тем же элементом популяции.

Как только два решения выбраны, к ним применяется вероятностный оператор скрещивания – кроссовер. Существует много версий этого оператора, среди которых простейшим является однородный оператор. По решениям i_1, i_2 он строит решение i', присваивая каждой координате этого вектора с вероятностью 0,5 соответствующее значение одного из родителей. Если векторы i_1, i_2 совпадали, к примеру, по первой координате, то i' «унаследует» это значение. Геометрически оператор скрещивания случайным образом выбирает в гиперкубе вершину i', принадлежащую минимальной грани, содержащей вершины i_1, i_2. Оператор скрещивания старается выбрать новое решение i' в промежутке между i_1, i_2 полагаясь на удачу. Усовершенствованная процедура могла бы выглядеть таким образом. Новым решением i' является оптимальное решение исходной задачи на соответствующей грани гиперкуба. Если расстояние Хемминга между i_1, i_2 равно n, то задача оптимального скрещивания совпадает с исходной. Причем даже приближенное решение этой задачи вместо случайного выбора заметно улучшает работу ГА. По аналогии с однородным оператором скрещивания легко предложить и другие

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

операторы, использующие произвольное число решений из популяции.

Оператор мутации, применяемый к решению i' в п. 2.3 генетического алгоритма, с заданной вероятностью $p_m \in (0, 1)$ меняет значение каждой координаты на противоположное. Например, вероятность того, что $i' = (0, 0, 0, 0, 0)$ в ходе мутации перейдет в $j' = (1, 1, 1, 0, 0)$, равна $p_m p_m p_m (1 - p_m)(1 - p_m) > 0$. Таким образом, с ненулевой вероятностью решение i' может перейти в любое другое решение. Модификация решения i' может состоять не только в случайной мутации, но и в частичной перестройке решения алгоритмами локального поиска. Применение локального спуска позволяет ГА сосредоточиться только на локальных оптимумах. Множество локальных оптимумов может оказаться экспоненциально большим и на первый взгляд кажется, что такой вариант алгоритма не будет иметь больших преимуществ. Однако экспериментальные исследования распределения локальных оптимумов свидетельствуют о высокой концентрации их в непосредственной близости от глобального оптимума. Это наблюдение образно известно как гипотеза о существовании «большой долины» для задач на минимум или «центрального горного массива» для задач на максимум.

Генетические алгоритмы можно по праву назвать новым направлением в алгоритмизации технических задач. Они способны не только решать и сокращать перебор в сложных задачах, но и легко адаптироваться к изменению проблемы.

Вначале ГА-функция генерирует определенное количество возможных решений, а затем вычисляет для каждого «уровень выживаемости» (фитнесс) – близость к истине. Эти решения дают потомство. Те, которые «сильнее», то есть больше подходят, имеют больший шанс к воспроизводству, а «слабые» постепенно отмирают: «идет» эволюция. Процесс повторяется до тех пор, пока не найдется решение, или не получится достаточное к нему приближение. Правильно запрограммированные генетические алгоритмы могут быть просто весьма эффективны.

Процедуры модифицированного ГА.

Генерация случайного начального состояния. Первое поколение создается из произвольно выбранных решений (хромосом). Это отличается от стандартных методов, когда начальное состояние всегда одно и то же.

Вычисление коэффициента выживаемости (фитнесс). Каждому решению (хромосоме) сопоставляется некое численное значение, зависящее от его близости к ответу.

Воспроизводство. Хромосомы, имеющие большую выживаемость, попадают к потомкам (которые затем могут мутировать) с большей вероятностью. Потомок является комбинацией родительских генов. Этот процесс называется «кроссинговер».

Следующее поколение. Если новое поколение содержит решение,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

достаточно близкое к ответу, то задача решена. В противоположном случае оно проходит через тот же процесс. Это продолжается до достижения решения.

ГА удобны для решения задач оптимизации. Примером подобной задачи может служить обучение нейросети, то есть подбора таких значений весовых (регрессионных) коэффициентов, при которых достигается минимальная ошибка. При этом в основе ГА лежит метод случайного поиска. Основным недостатком случайного поиска является то, что неизвестно, сколько понадобится времени для решения задачи. Для того, чтобы избежать таких расходов времени при решении задачи, применяются методы, аналогичные тем, которые использованы в биологии. Применяются методы, открытые при изучении эволюции и происхождения видов. Поскольку в процессе эволюции выживают наиболее приспособленные особи, это приводит к тому, что приспособленность популяции возрастает, позволяя ей лучше выживать в изменяющихся условиях. Впервые подобная версия алгоритма была предложена в 1975 г. Дж. Холландом в Мичиганском университете. Этот ГА получил название «репродуктивный план Холланда» и был положен в основу практически всех вариантов ГА. Перед его изучением важно понять механизм процесса кодирования объектов для использования их в ГА.

Представление объектов. Из биологии известно, что любой организм может быть представлен своим *фенотипом*, который фактически определяет, чем является объект в реальном мире, и *генотипом*, который содержит всю информацию об объекте на уровне хромосомного набора. При этом каждый ген, то есть элемент информации генотипа, имеет свое отражение в фенотипе. Таким образом, для решения задач нам необходимо представить каждый признак объекта в форме, подходящей для использования в генетическом алгоритме. Все дальнейшее функционирование механизмов генетического алгоритма производится на уровне генотипа, позволяя обойтись без информации о внутренней структуре объекта, что и обуславливает его широкое применение в самых разных задачах.

В наиболее часто встречающейся разновидности генетического алгоритма для представления генотипа объекта применяются битовые строки. При этом каждому атрибуту объекта в фенотипе соответствует один *ген* в генотипе объекта. Ген представляет собой битовую строку, чаще всего фиксированной длины, которая представляет собой значение этого признака.

Кодирование признаков, представленных целыми числами. Для кодирования таких признаков можно использовать самый простой вариант – битовое значение этого признака. Тогда будет весьма просто использовать ген определенной длины, достаточной для представления всех возможных значений такого признака. Однако такое кодирование не лишено

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

недостатков. Основной недостаток заключается в том, что соседние числа отличаются в значениях нескольких битов, так например числа 7 и 8 в битовом представлении различаются в 4-х позициях, что затрудняет функционирование генетического алгоритма и увеличивает время, необходимое для его сходимости. Для того чтобы преодолеть этот недостаток, лучше использовать кодирование, при котором соседние числа отличаются меньшим количеством позиций, в идеале значением одного бита. Таким кодом является код Грея, который целесообразно использовать в реализации генетического алгоритма. Значения кодов Грея рассмотрены в таблице 6.1.

Таким образом, при кодировании целочисленного признака он разбивается на тетрады, и каждая тетрада преобразуется по коду Грея.

В практических реализациях генетических алгоритмов обычно не возникает необходимости преобразовывать значения признака в значение гена. На практике имеет место обратная задача, когда по значению гена необходимо определить значение соответствующего ему признака.

Кодирование признаков, которым соответствуют числа с плавающей точкой. Самый простой способ кодирования – использование битового представления. Хотя такой вариант имеет те же недостатки, что и для целых чисел. Поэтому на практике обычно применяют следующую последовательность действий:

1 Разбивают весь интервал допустимых значений признака на участки с требуемой точностью.

2 Принимают значение гена как целочисленное число, определяющее номер интервала (используя код Грея).

3 В качестве значения параметра принимают число, являющиеся серединой этого интервала.

Рассмотрим вышеописанную последовательность действий на примере. Допустим, что значения признака лежат в интервале [0,1]. При кодировании использовалось разбиение участка на 256 интервалов. Для кодирования их номера потребуется, таким образом, 8 бит. Допустим, значение гена равно 00100101bG (заглавная буква G показывает, что используется кодирование по коду Грея). Для начала, используя код Грея, найдем соответствующий ему номер интервала: 25hG → 36h → 54d. Теперь посмотрим, какой интервал ему соответствует. После несложных подсчетов получаем интервал [0,20703125, 0,2109375]. Значит, значение нашего параметра будет (0,20703125 + 0,2109375) / 2 = 0,208984375.

Кодирование нечисловых данных. При кодировании нечисловых данных необходимо предварительно преобразовать их в числа. Более подробно это описано в специальной литературе.

Определение фенотипа объекта по его генотипу. Для определения фенотипа объекта (то есть значения признаков, описывающих объект) необходимо знать значения генов, соответствующим этим признакам, то

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

есть генотип объекта. При этом совокупность генов, описывающих генотип объекта – это хромосома. Иногда ее также называют особью. Таким образом, в реализации генетического алгоритма хромосома представляет собой битовую строку фиксированной длины. При этом каждому участку строки соответствует ген. Длина генов внутри хромосомы может быть одинаковой или различной. Чаще всего применяют гены одинаковой длины.

Таблица 6.1 – Соответствие десятичных кодов и кодов Грея

Двоичное кодирование			Кодирование по коду Грея		
Десятичный код	Двоичное значение	Шестнадцатеричное значение	Десятичный код	Двоичное значение	Шестнадцатеричное значение
0	0000	0h	0	0000	0h
1	0001	1h	1	0001	1h
2	0010	2h	3	0011	3h
3	0011	3h	2	0010	2h
4	0100	4h	6	0110	6h
5	0101	5h	7	0111	7h
6	0110	6h	5	0101	5h
7	0111	7h	4	0100	4h
8	1000	8h	12	1100	Ch
9	1001	9h	13	1101	Dh
10	1010	Ah	15	1111	Fh
11	1011	Bh	14	1110	Eh
12	1100	Ch	10	1010	Ah
13	1101	Dh	11	1011	Bh
14	1110	Eh	9	1001	9h
15	1111	Fh	8	1000	8h

Рассмотрим пример хромосомы и интерпретации ее значения. Допустим, что у объекта имеется 5 признаков, каждый закодирован геном длиной в 4 элемента. Тогда длина хромосомы будет 5*4 = 20 бит.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

0010 1010 1001 0100 1101

Теперь можно определить значения признаков:

Признак	Значение гена	Двоичное значение признака	Десятичное значение признака
Признак 1	0010	0011	3
Признак 2	1010	1100	12
Признак 3	1001	1110	14
Признак 4	0100	0111	7
Признак 5	1101	1001	9

Основные генетические операторы. Как известно, в теории эволюции важную роль играет то, каким образом признаки родителей передаются потомкам. В генетических алгоритмах за передачу признаков родителей потомкам отвечает оператор, который называется *скрещивание* (его также называют кроссовер или кроссинговер). Этот оператор определяет передачу признаков родителей потомкам. Действует он следующим образом:

1) из популяции выбираются две особи, которые будут родителями;

2) определяется (обычно случайным образом) точка разрыва;

3) потомок определяется как конкатенация (слияние) части первого и второго родителя.

Рассмотрим функционирование этого оператора:

Хромосома_1: 0000000000

Хромосома_2: 1111111111

Допустим разрыв происходит после 3-го бита хромосомы, тогда

Хромосома_1: 0000000000 >> 000 1111111 Результирующая_хромосома_1

Хромосома_2: 1111111111 >> 111 0000000 Результирующая_хромосома_2

Затем с вероятностью 0,5 определяется одна из результирующих хромосом в качестве потомка.

Следующий генетический оператор предназначен для того, чтобы поддерживать разнообразие особей с популяции. Он называется оператором *мутации*. При использовании данного оператора каждый бит в хромосоме с определенной вероятностью инвертируется.

Кроме того, используется еще и так называемый оператор *инверсии*, который заключается в том, что хромосома делится на две части, и затем они меняются местами. Схематически это можно представить следующим

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

образом

000 1111111 >> 1111111 000

В принципе для функционирования генетического алгоритма достаточно этих двух генетических операторов, но на практике применяют еще и некоторые дополнительные операторы или модификации этих двух операторов. Например, кроссовер может быть не одноточечный (как было описано выше), а многоточечный, когда формируется несколько точек разрыва (чаще всего две). Кроме того, в некоторых реализациях алгоритма оператор мутации представляет собой инверсию только одного случайно выбранного бита хромосомы.

Классический вариант функционирования генетического алгоритма. Схема функционирования ГА в его классическом варианте:

1 Инициировать начальный момент времени $t = 0$. Случайным образом сформировать начальную популяцию, состоящую из k особей. $B_0 = (A_1, A_2, \ldots, A_k)$.

2 Вычислить *приспособленность* каждой особи $F_{Ai} = \mathrm{fit}(A_i)$, $i = \overline{1,k}$ и популяции в целом $F_t = \mathrm{fit}(B_t)$ (также иногда называемую термином фиттнес). Значение этой функции определяет насколько хорошо подходит особь, описанная данной хромосомой, для решения задачи.

3 Выбрать особь A_c из популяции. $A_c = \mathrm{Get}(B_t)$

4 С определенной вероятностью (вероятностью кроссовера P_c) выбрать вторую особь из популяции $A_{c1} = \mathrm{Get}(B_t)$ и произвести оператор кроссовера $A_c = \mathrm{Crossing}(A_c, A_{c1})$.

5 С определенной вероятностью (вероятностью мутации P_m) выполнить оператор мутации. $A_c = \mathrm{mutation}(A_c)$.

6 С определенной вероятностью (вероятностью инверсии P_i) выполнить оператор инверсии $A_c = \mathrm{inversion}(A_c)$.

7 Поместить полученную хромосому в новую популяцию $\mathrm{insert}(B_{t+1}, A_c)$.

8 Выполнить операции, начиная с пункта 3, k раз.

9 Увеличить номер текущей эпохи $t = t + 1$.

10 Если выполнилось условие останова, то завершить работу, иначе переход на шаг 2.

Теперь рассмотрим подробнее отдельные этапы алгоритма.

Наибольшую роль в успешном функционировании алгоритма играет этап отбора родительских хромосом на шагах 3 и 4. При этом возможны различные варианты. Наиболее часто используют *рулеточный* метод отбора, когда вероятность выбора хромосомы определяется ее приспособленностью: $P_{\mathrm{Get(Ai)}} \sim \mathrm{Fit(A_i)/Fit(B_t)}$. Использование этого метода приводит к тому, что вероятность передачи признаков более приспособленными особями потомкам возрастает. Другой часто используемый метод – *турнирный*

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отбор. Он заключается в том, что случайно выбирается несколько особей из популяции (обычно две) и победителем выбирается особь с наибольшей приспособленностью. В некоторых реализациях применяется так называемая *стратегия элитизма*, когда особи с наибольшей приспособленностью гарантированно переходят в новую популяцию. Использование элитизма позволяет ускорить сходимость генетического алгоритма. Недостаток использования стратегии элитизма в том, что повышается вероятность попадания алгоритма в локальный минимум.

Важный момент в ГА – определение критериев останова. Обычно в качестве них применяются или ограничение на максимальное число эпох функционирования алгоритма, или определение его сходимости, обычно путем сравнивания приспособленности популяции на нескольких эпохах и остановки при стабилизации этого параметра.

Применение технологий эволюционного моделирования на транспорте пока находится в стадии освоения.

6.3 Автоматизация автотранспортных средств с использованием интеллектуальных систем управления и диагностирования

Перспективные интеллектуальные системы управления и диагностирования подвижных объектов используют технологии нечеткой логики и искусственных нейронных сетей [103, 105, 117]. Рассмотрим некоторые примеры применения этих технологии в автоматизации АТС.

Пример применения искусственных нейронных сетей в задачах автоматизации диагностирования технических объектов. Технологию решения задач диагностирования рассмотрим на примере прогнозирования неисправностей применяемого в карьерных самосвалах БелАЗ двигателя Cummins с электронным управлением. В качестве материала для создания диагностической системы на основе ИНС использовались результаты заводских испытаний путем наблюдения и анализа 94 ситуаций, каждая из которых характеризует некоторое неисправное состояние.

Для формирования пространства признаков использовались признаки, являющиеся, по данным экспериментальных исследований по изучению физических свойств объекта, симптомами неисправного состояния двигателя и факторами риска, определяющими возможность выхода из строя его элементов (таблица 6.2).

По исходной выборке создавалась база данных с реляционной структурой. В соответствии с целью обучения была сформирована трехслойная нейронная сеть с сигмоидальными функциями активации, весьма удобными для обучения. На вход сети подавался вектор признаков неисправного состояния объекта, на выходе сеть относила неисправность к

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

одному из двух классов: неисправность топливной системы или механизмов двигателя (рисунок 6.10).

В качестве метода обучения выбрана разновидность алгоритма обратного распространения, а именно метод сопряженных градиентов, используя который нейронная сеть устойчиво обучалась до погрешности порядка 10^{-2}–10^{-3}, среднее время обучения сети составило 148 с (рисунок 6.11).

Таблица 6.2 – Признаки, использующиеся для диагностирования двигателя с применением ИНС

Номер признака	Признак	Тип
1	Давление, развиваемое топливным насосом	Числовой
2	Угол опережения впрыска	Числовой
3	Герметичность топливной системы	Ранговый
4	Состав топлива	Ранговый
5	Расход отработавших газов через картер	Числовой
6	Расход воздуха, подаваемый в цилиндр	Числовой
7	Давление сжатия в цилиндрах	Числовой
8	Тепловой зазор в клапанах	Числовой
9	Нарушение фаз газораспределительного механизма	Ранговый
10	Суммарный зазор в сопряжениях шатуна	Числовой
11	Давление масла	Числовой
12	Уровень масла	Ранговый
13	Цветность отработавших газов	Ранговый

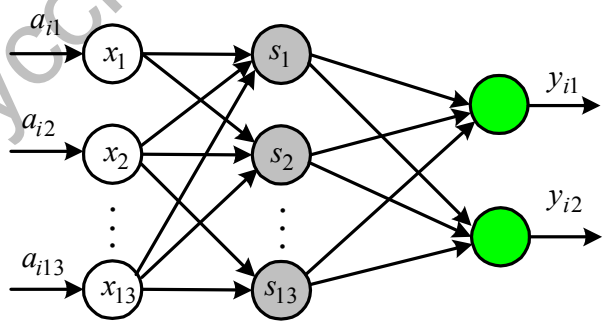


Рисунок 6.10 – Структура нейронной сети

Поскольку объем исходных данных невелик, то разбиение выборки

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

на обучающую и контролирующую нецелесообразно, поэтому для определения качества классификации неисправностей можно проводить плавающий экзамен по всему объему [117]. Для определения значимости признаков выбирается соответствующий метод, например, метод исследования изменения качества диагностирования при варьировании каждого из параметров.

В результате обучения синтезированная нейронная сеть (см. рисунок 6.10) способна распознавать и классифицировать неисправности двигателя по двум основным группам: неисправность топливной системы или механизмов самого двигателя.

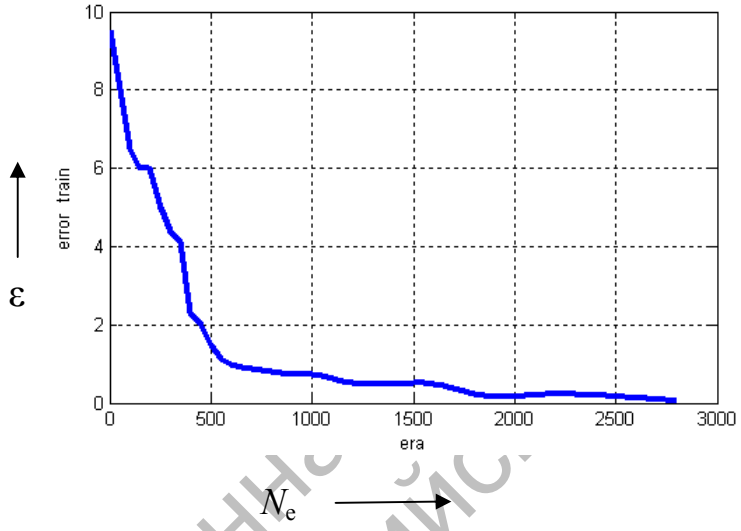


Рисунок 6.11 – Зависимость ошибки ε обучения от числа циклов N_e обучения

Применение аппарата искусственных нейронных сетей для прогнозирования и выявления неисправностей конкретного технического объекта является достаточно эффективным, позволяет получить и уточнить данные (в том числе и экспертную информацию) о значимости факторов и информативности диагностических параметров, обладает возможностями упреждения процесса возникновения тех или иных неисправностей и отказов, а также прогнозирования остаточного ресурса.

Построение интеллектуальной панели оператора в составе бортовой системы диагностирования. Использование интеллектуальных технологий позволяет создавать согласно требованиям заказчика различные панели оператора (водителя). Причем здесь прослеживается два направления. Первое – это самостоятельное создание панелей в виде электронных программируемых устройств и разработка интерфейса к ним (либо создание виртуальных панелей для их компьютерной реализации с применением, например, переносных компьютеров – ноутбуков). Второе направление – использование импортных (покупных) программируемых

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

панелей и создание алгоритмов, программ и интерфейса именно для них. Обычно по второму пути идут крупные заводы–производители автотракторной техники.

Рассмотрим пример создания такой панели для системы автоматического диагностирования гидропривода (САДГ) мобильной машины (авторская работа внедрена на заводах БелАЗ и Могилевтрансмаш).

САДГ выполняет определенные защитные функции, которые являются достаточно универсальными и применимы, например, к карьерным автосамосвалам либо автомобильным кранам:

– при выходе параметров гидропривода за допустимые пределы САДГ запрещает выполнение технологических операций машины и выдаёт на блок индикации информацию о неисправности;

– при давлении свыше допустимой величины САДГ предписывает снижение частоты вращения вала двигателя;

– если в начале выполнения операций фиксируется низкое главное давление или низкое давление смазки, САДГ запрещает выполнение всех операций и выдаёт соответствующую информацию, причем запрет снимается после устранения неисправности;

– при возникновении неисправности электрических цепей управления (КЗ, обрыв) отображается соответствующая информация на блоке индикации для ограничения эксплуатационных режимов;

– при низкой температуре окружающей среды и непрогретой гидросистеме выдается предупреждающее сообщение на индикаторной панели;

– при отказе датчиков САДГ в процессе эксплуатации мобильной машины выдаётся сообщение об аварийном состоянии и информация о неисправности на блок индикации;

– при выходе из строя предохранительных или аварийных клапанов САДГ запрещает выполнение рабочих операций с выдачей сообщения об аварийном состоянии и неисправности на блоке индикации;

– при недопустимой чистоте или вязкости масла, а также при наличии в нем воды выдается сообщение на блоке индикации;

– при превышении верхнего предела температуры рабочей жидкости (как правило, свыше +110 °С) выводится предупреждающая информация на блок индикации, ограничивается выполнение операций до снижения температуры рабочей жидкости в пределах рабочего диапазона 80–95 °С;

– при демонтаже гидропривода, находящегося под давлением, выводится предупреждающая информация на блок индикации.

Алгоритм системы автоматического диагностирования гидропривода

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

автомобильного мобильной машины обеспечивает: обработку всех аварийных и нештатных ситуаций гидропривода; информацию оператора об аварийных ситуациях на индикаторной панели; определение технического состояния гидропривода по контрольным точкам; распознавание характера неисправностей гидропривода и механизмов; интерфейс с оператором при помощи блока индикации (причем вывод информации на блок индикации может осуществляться по выбору либо на русском, либо на английском языке по желанию заказчика); ведение журналов аппаратных сбоев, аварийных ситуаций, действий оператора за определённый период эксплуатации; считывание журналов на ПК.

Блок индикации САДГ обеспечивает отображение информации, выработанной подсистемой защиты САДГ: аварийное состояние системы; режим эксплуатации машины, номер включенной передачи, состояние блокирования гидротрансформатора (при оснащении машины ГМП), тип выполняемой операции; положение органов управления (например, автокраном) на различных режимах; величину давлений рабочей жидкости в элементах и аппаратах гидропривода; температуру рабочей жидкости в магистралях; давление смазки и сигнализацию об аварийном давлении смазки; сигнализацию о неисправностях гидропривода и ошибках оператора; информацию о неисправностях за определённое время; прогнозирование остаточного ресурса машины в целом и элементов гидропривода или ГМП.

На рисунке 6.12 изображена интеллектуальная панель экспертной системы в составе бортовой системы диагностирования карьерного самосвала БелАЗ–7555.

Белорусско-Российского университета

Рисунок 6.12 – Интеллектуальная панель экспертной системы мобильной машины

6.4 Использование новейших технологий и перспективных методов в автомобилестроении. Автомобильная электроника, мехатроника и автотроника

В последнее время техническая оснащенность автотранспортных средств электронной бортовой автоматикой значительно возросла. Микропроцессорные и электронные системы управления и диагностирования различными механизмами автомобиля в области автомобилестроения получают все большее распространение. Они устанавливаются на современных АТС практически всех моделей. Многие из этих систем стали обязательными к использованию в связи с ужесточением требований безопасности машин и необходимостью улучшения их потребительских качеств.

Электронные автоматические системы выполняют ряд важных функций, среди которых главная – рациональное управление механизмами автотранспортных средств (АТС) с целью обеспечения их эффективности в течение заданного ресурса, увеличения производительности при выполнении транспортных работ, улучшения условий труда водителя, обеспечения комфортности пассажиров и повышения безопасности [103, 105, 117].

Автомобильная электроника включает в себя комплекс бортового оборудования, электронные системы управления различными меха-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

низмами АТС, элементы электронной автоматики, системы с нетрадиционными для автомобиля функциями, с помощью которых реализуются: круиз-контроль, спутниковая навигация, автопоиск, защита автомобиля от соударений, охранные функции, стабилизация устойчивости, экологическая защита, мультиплексная электропроводка, компьютеризация контрольно-измерительных приборов и ряд других новаций.

В сферу автомобилестроения внедрилось новое научное направление – мехатроника (механотроника).

Мехатроника – это достаточно новая область науки и техники, посвященная созданию и эксплуатации машин и систем с компьютерным управлением движением, которая базируется на знаниях в области механики, электроники и микропроцессорной техники, информатики и компьютерного управления движением машин и агрегатов.

Мехатроника по праву считается научно-технической дисциплиной, которая изучает построение электромеханических систем нового поколения, обладающих принципиально новыми качествами и зачастую рекордными параметрами. Обычно мехатронная система является объединением собственно электромеханических компонентов с новейшей силовой электроникой, которые управляются с помощью микроконтроллеров, ПК или других вычислительных устройств. При этом построение системы в истинно мехатронном подходе, несмотря на использование стандартных компонентов, осуществляется как можно более монолитно. Конструкторы стараются объединить все части системы воедино без использования лишних интерфейсов между модулями, в частности, применяя встроенные непосредственно в микроконтроллеры АЦП, интеллектуальные силовые преобразователи и т. п. Это даёт сокращение массогабаритных показателей, повышение надёжности системы и другие преимущества. В принципе, любая система, управляющая группой приводов, может считаться мехатронной (например, если она управляет группой реактивных двигателей космического аппарата).

В технической литературе некоторыми авторами используется понятие *«автотроника»*, когда подразумевается применение мехатроники именно в автомобиле [103]. Автотронными системами считают крупные комплексы управления, которые не могут относиться ни к механическим, ни к электрическим, ни к электронным в чистом виде системам, имея ввиду принципы и особенности действия, а также применяемые материалы.

Возможно, в будущем появятся новые понятия и определения.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

6.5 Тенденции в автоматизации и направления развития автомобильной микроэлектроники

Тенденции в области автоматизации и развитии бортовой микроэлектроники, электронных систем управления / диагностирования характеризуются повсеместным применением ЭВМ, созданием машин со встроенными микропроцессорными средствами, обеспечивающими широкий спектр функций по управлению, контролю и защите, диагностированию, информационному обеспечению, безопасности и надежности. Системы, обладающие принципиально новыми качествами и наделенные элементами искусственного интеллекта – уже не редкость в сфере автомобилестроения [100, 102, 103, 105, 117, 131, 148, 152, 161, 163].

Автоматизации подвержены все основные системы и механизмы АТС: двигатель, трансмиссия, рулевое управление, тормозная система, подвеска и т. д. В настоящее время на серийно выпускаемых машинах используется ряд автоматических систем. Среди них системы управления:

– режимами работы двигателя;

– переключением ступеней коробки передач;

– заданной скоростью движения АТС;

– вращающими моментами, обеспечивая полное использование сцепных возможностей ведущих колес;

– тормозными моментами, обеспечивая оптимальный режим скольжения колес, соответствующий максимальному коэффициенту сцепления их с дорогой;

– положением центра масс АТС по отношению к опорной поверхности дороги;

– оптической осью фар в зависимости от нагрузки на задние колеса;

– подвеской с отслеживанием неровностей опорной поверхности дороги;

– рулевой подсистемой, обеспечивая стабилизацию управляемых колес и исправление ошибок водителя для предотвращения заноса АТС из-за резкого поворота рулевого колеса;

– системы стабилизации вертикальной оси АТС при боковом крене;

– системы активной безопасности, фиксирующие возможность наезда АТС на препятствие, устраняющие столкновение с ним или смягчающие последствия столкновения;

– системы, обеспечивающие контроль, диагностику и защиту механизмов АТС;

– системы управления движением, обеспечивающие регулирование

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

направления транспортных потоков и движения отдельных АТС;

– системы интенсификации движения автомобилей на автомагистрали, поддерживающие минимальное расстояние между АТС;

– системы автонавигации;

– автоматического вождения АТС;

– системы распознавания изображений и текстовой информации;

– визуализации местности

– технического зрения;

– восприятия акустической информации и т. д.

Процессы создания бортовых электронных систем для диагностирования и управления определяются сложившимися традициями в области проектирования подобных систем. При этом должны быть учтены требования заказчика с учетом места и времени локализации неисправностей, срочности проведения работ, степени технической оснащенности предприятий и их готовности использовать новые научно-технические достижения.

Если совсем недавно микропроцессорные системы зажигания, электронные системы управления гидравлическими тормозами, системы впрыска бензина, бортовая диагностика считались последними достижениями в области автомобильной электроники, то теперь их относят к классическим системам и устанавливают практически на каждый серийный автомобиль.

Разрабатываемые новые модели автомобилей дополнительно оснащаются нетрадиционными бортовыми автоматическими системами, такими как спутниковая навигационно-поисковая система, радарные и ультразвуковые системы защиты автомобилей от столкновений и угонов, системы круиз-контроля, система «электронная карта», ряд информационных систем водителя с микропроцессорным управлением и т. д.

Увеличивается точность и быстрота обработки сигналов в микроЭВМ. Как следствие это обстоятельства, значительно усложнился интерфейс, и возникла необходимость во введении в мультиплексные системы CAN-протоколов.

Совершенствуются способы получения и передачи энергии в автотранспортных средствах. Значительно активизировались работы созданию экологически чистых двигателей. Возникают проекты создания автомобилей нового типа (электромобилей, гибридных автомобилей).

Интенсивно ведутся исследования в области применения новых элементов в механизмах автомобилей. К примеру, возникшая в середине XX в. идея заменить классические механические клапаны электро-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

магнитными в газораспределительных механизмах поршневых ДВС перешла в стадию конструкторской проработки вариантов. Так, на основе электронных систем автоматического управления двигателем и тормозами применяется гироскопическая система VDC для повышения курсовой устойчивости автомобиля в сложных дорожных условиях. Система VDC работает по принципу запрограммированного под нештатные условия движения совместного воздействия на вращающий момент ДВС и тормозную антиблокировочную систему, чем исключается боковой увод автомобиля при поворотах на большой скорости или на скользкой дороге.

В современных рыночных условиях, характеризующихся расширением интеграционных процессов, основным требованием при создании автомобильных электронных систем стало неукоснительное соблюдение международных стандартов OBD–II (США) и EOBD–II (EU), которые также продолжают совершенствоваться.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Истина и полезность суть одно.
Практика – залог истины (Ф. Бэкон, XVI в.)

Природа человека состоит в том,
чтобы все время идти вперед (Б. Паскаль, XVII в.)

7 Новые технологии в управлении и диагностировании подвижных объектов

Обеспечение надежного, безопасного и оптимального управления сложными техническими объектами, оперативный контроль и диагностирование их механизмов в процессе эксплуатации является комплексной проблемой, отличающейся как большим и плохо формализуемым разнообразием целей, так и широким различием методов обработки информации. Такие довольно сложные технические системы, как подвижные объекты, содержат ряд подсистем, которые одновременно осуществляют вышеназванные рабочие операции: процессы управления, процедуры диагностирования, контроль, мониторинг, обеспечивая защитные и другие функции.

7.1 Управление и диагностирование: решение проблем и выход на новый уровень

Возможности микроэлектроники позволяют создавать комплексные и интегрированные системы автоматизации, обеспечивающие управление мобильными машинами на тяговом и тормозном режимах, курсовой устойчивостью, управляемостью и т. д. [102, 103] Причем управление неразрывно связано с диагностированием, аспекты которого рассмотрим подробнее.

Диагностирование мобильных машин является важнейшим атрибутом планово-профилактических мероприятий, обеспечивающих исправное техническое состояние и экономичную работу машин в течение заданного ресурса. Эксплуатация все возрастающего количества транспортной техники предъявляет к качеству процессов диагностирования повышенные требования. В зависимости от места проведения работ по определению технического состояния механизмов АТС различают оперативное и нормативное диагностирование. Оперативное диагностирование проводится непосредственно при эксплуатации машины посредством бортовой микроэлектроники и устройств сбора и обработки информации. Нормативное диагностирование осуществляют в системе планово-предупредительных работ. В зависимости от временного

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

направления поиска неисправностей различают текущее диагностирование, диагностирование в прошлом (ретродиагностирование, ретроскопию) и прогнозирование.

В связи с активным использованием автомобильной бортовой микроэлектроники и микропроцессорных систем процесс определения технического состояния машин должен быть обеспечен бортовыми и встроенными системами диагностирования.

Использование при управлении АТС новых информационных технологий и теорий искусственного интеллекта [8, 11, 105, 117] позволяет выйти на новый уровень автоматизации диагностирования – интеллектуальное диагностирование.

Выделяют такие методы интеллектуального диагностирования, как визуально-субъективного анализа и экспертных оценок; сравнения; логического анализа; нейронечеткой идентификации [90, 92, 117]. Метод визуально-субъективного анализа основан на оценках, которые даются специалистами в данной области или экспертами. Метод сравнения заключается в сравнении экспериментальных данных с некоторыми эталонными значениями или характеристиками. Вывод технического диагноза в методе логического анализа основан на анализе диагностических матриц, таблиц, данных, предписаний инструкций по эксплуатации, составленных на их основе продукционных правил и т.д. Метод нейронечеткой идентификации использует современные информационные технологии. Он основан на комплексном применении таких технологий искусственного интеллекта, как нечеткая логика и теория искусственных нейронных сетей.

Перспективные направления в диагностировании перечислены в [117].

Обобщающий вывод. *Для повышения конкурентоспособности отечественной автотранспортной техники и совершенствования потребительских качеств в современных рыночных условиях необходима ее комплексная автоматизация.* Применение бортовой микроэлектроники создает для этого хорошие предпосылки. Причем, как отмечено в [105], адаптивное интеллектуальное управление энергетическими режимами АТС достаточно перспективно с точки зрения наиболее полной реализации его потенциальных возможностей, улучшения показателей эффективности, обеспечения безопасности и комфортности.

Проблема автоматизации управления и диагностирования подвижных объектов включает в себя несколько направлений, которые рассмотрены на примере автоматизации гидромеханических передач (ГМП).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Автоматизация управления ГМП

ГМП широко применяются на городских автобусах, карьерных автомобилях-самосвалах, легковых автомобилях среднего и большого классов. В состав ГМП входят механическая многоступенчатая коробка передач (КП) и гидродинамический трансформатор (ГДТ). Переключение ступеней КП и блокирование ГДТ осуществляется фрикционными элементами (муфтами и тормозами), управление которыми автоматизируется. Автоматизация управления позволяет существенно облегчить труд водителя, повысить безопасность АТС и получить более высокие показатели эффективности по сравнению с аналогичными транспортными средствами с механической трансмиссией. Эффективность применения ГМП во многом определяется характеристиками управления, поэтому вопросу их выбора уделяют большое внимание конструкторы и исследователи.

Проблемами исследования и проектирования автоматизированных систем управления, созданием методологических основ автоматизации транспортных средств, разработкой алгоритмов функционирования систем автоматического управления различными мобильными машинами посвятили свои труды такие ученые, как М. А. Айзерман, М. М. Арановский, М. С. Высоцкий, О. И. Гируцкий, Л. И. Гром-Мазничевский, Ю. К. Есеновский-Лашков, Ю. М. Захарик, В. В. Кацыгин, Л. Г. Красневский, И. П. Ксеневич, А. С. Литвинов, А. Н. Нарбут, В. А. Петров, В. Ф. Платонов, Б. И. Плужников, А. А. Полунгян, О. С. Руктешель, И.С. Сазонов, А. Т. Скойбеда, А. С. Солонский, В. П. Тарасик, А. А. Токарев, Я. Е. Фаробин, Е. А. Чудаков, Н. Н. Яценко и др. Их исследованиями предопределены основные теоретические предпосылки и тенденции при автоматизации АТС.

К настоящему времени коллективом кафедры «Автомобили» Белорусско-Российского университета под руководством проф. В. П. Тарасика выполнены существенные научные разработки в области теории и проектирования алгоритмов управления и исполнительных механизмов автоматических систем [99]. Разработаны и запатентованы способы управления и конструкции устройств, реализующих алгоритмы управления [209–218].

В процессе многолетних (с 1999 по 2009 гг.) исследований учеными кафедры «Автомобили» Белорусско-Российского университета решен ряд задач, связанных с разработкой алгоритмов адаптивного (в том числе и с нечеткой логикой) управления энергетическими режимами для отечественных грузовых автомобилей, автобусов и гусеничных машин. Значительная часть работ проводилась по заданиям ГНТП «Белавтотракторостроение». Многие работы выполнялись по госбюджетной тематике и хоздоговорам с ведущими отечественными предприятиями автомобильной промышленности.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Автоматизация диагностирования ГМП

В процессе управления АТС должны непрерывно решаться задачи определения технического состояния его механизмов, т. е. задачи диагностирования, контроля, работоспособности, распознавания и прогнозирования. Появление средств бортовой микроэлектроники позволяет обеспечить автоматизацию процессов диагностирования.

Исследованием проблем диагностирования механизмов мобильных машин, разработкой теоретических вопросов технического диагностирования занимались И. Н. Аринин, Т. М. Башта, Н. В. Богдан, М. Д. Генкин, Н. Я. Говорущенко, В. В. Капустин, Ю. Д. Карпиевич, Л. Г. Красневский, Е. А. Никитин, М. И. Жилевич, Р. А. Макаров, А. Н. Максименко, А. В. Мозгалевский, В. И. Присс, А. Г. Сергеев, Т. А. Сырицын, Ричард Шадюль, В. Ф. Яковлев. В то же время методы и методики, используемые большинством авторов, имеют ряд ограничений, предназначены для решения частных вопросов автоматизации и не позволяют эффективно решать задачи синтеза систем, учитывающих большое разнообразие параметров, условий и ситуаций, которые имеют место при эксплуатации машин, и обладающих к тому же свойствами, присущими логическому мышлению человека. Неопределенность и нечеткость условий функционирования объектов автоматизации вносят огромные трудности в процесс обработки и анализа огромной информации и не позволяют осуществлять управление этими объектами, контроль их механизмов, защиту и другие функции по однозначным характеристикам, получаемым традиционно известными методами. Отмеченные аспекты проблемы автоматизации ММ требуют использования новой методологии. Поскольку при автоматизации механизмов АТС нужно учитывать огромное количество факторов и принимать во внимание различные обстоятельства, то решить проблему детерминированными и однозначными алгоритмами управления невозможно по нескольким причинам. Во-первых, если бы даже и удалось реализовать такие алгоритмы, все равно даже логическое устройство высокой производительности не сможет осуществлять управление системой в реальном режиме времени. Во-вторых, данная проблема настолько сложна, что на сегодняшний день создать эффективную модель, учитывающую отмеченное многообразие всевозможных обстоятельств, просто невозможно. Опубликованные работы по диагностированию мобильных машин носят локальный характер и посвящены использованию методов оценки технического состояния отдельных механизмов преимущественно стационарными или переносными техническими средствами. При этом отсутствует системный теоретический подход к проблеме диагнос-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

тирования мобильных машин, не разработаны методологические вопросы технического диагностирования на основе современных средств и новых технологий. Кроме того, большинство работ посвящено косвенным методам исследования. Применение прямых методов в инженерной практике при решении задач диагностирования сдерживается сложностью математического описания и анализа внутренних динамических процессов в объекте, что ставит проблему дальнейшего развития и совершенствования методов технического диагностирования. Совершенно очевидно, что для решения отмеченных проблем необходимы новые подходы, пути и методы, отличные от классических. Эти пути и методы должны быть, во-первых, концептуально обоснованы, во-вторых, должны основываться на фундаментальных теоретических разработках и соответствующем математическом аппарате. Современный этап развития техники характеризуется широким внедрением в системы управления микроэлектроники, позволяющей обеспечить комплексную автоматизацию машин и технических комплексов, включающую все рассмотренные виды автоматизации. Автоматические устройства в этом случае способны выполнять одновременно множество функций. Анализ состояния проблемы автоматизации управления АТС показывает, что классическая теория автоматического управления не дает возможности учета всего разнообразия условий функционирования автомобиля. В этой связи эффективность создаваемых систем на ее научных принципах оказывается чаще всего ниже ожидаемой.

Бесспорное первенство в решении проблемы автоматизации диагностирования принадлежит интеллектуальным технологиям, являющим собой принципиально новый приоритетный уровень автоматизации мобильных машин [117].

7.2 Применение интеллектуальных и информационных технологий в автоматизации управления и диагностирования

Одна из современных технологий ИИ, которая относится к приоритетным направлениям в автоматизации и довольно широко используется на зарубежных автомобилях – это нечеткая логика управления / диагностирования (см. раздел 6.2). Ее также относят к новым информационным технологиям, называя технологией «мягких вычислений». Но дело не в ее названии, а в сущности и особенностях применения в автомобилестроении.

На зарубежных грузовых и легковых автомобилях используется

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

нечеткое управление трансмиссией, двигателем, тормозной системой и другими механизмами [89, 108, 109, 111]. При этом здесь зачастую используется обобщенное понятие: управление «энергетическими режимами» автомобиля. Примером служат такие известные фирмы и корпорации, как Toyota, Honda, Volvo, Ford, Hyundai, General Motors Co и др. При управлении ГМП на автомобилях этих фирм реализован ряд запатентованных технических решений (US 5124916, US 5267158, US 5323318, US 5389050, US 5822708, US 2001 / 0053731, US 2002 / 0016665,US 2001 / 0020207, US 6358184, US 5806052, EP 0588417, EP 0347263, EP 0781945, EP 0870952, W 09607559). По данным этих фирм, нечеткое управление является весьма эффективным и перспективным средством автоматизации АТС.

В то же время информация о продукции этих фирм носит рекламный характер, а вопросы, связанные с алгоритмами функционирования электронных интеллектуальных систем, в эпоху конкурентной борьбы за рынки сбыта продукции не раскрываются по принципиальным соображениям. Это значительно осложняет возможность использования опыта зарубежных автомобильных фирм применительно к автоматизации отечественных машин.

В этой связи перед нашими учеными ставится *важная научная задача:* в кратчайшие сроки провести комплекс самостоятельных исследований этого перспективного научного направления и найти пути использования отмеченных интеллектуальных технологий в управлении и диагностировании мобильных машин.

Структура комплексной системы управления и диагностирования ГМП

Рассмотрим применение интеллектуальных технологий при автоматизации управления и диагностирования ГМП мобильной машины.

Выбор структуры комплексной системы управления и диагностирования ГМП (КСУД) зависит от поставленных заказчиком задач и требований, особенностей эксплуатации объекта автоматизации (машины с ГМП), традиций производства, экономических, социальных и других факторов.

Вариантов схемного построения КСУД много, причем здесь не существует жестких рамок и шаблонов. Один из вариантов КСУД, основанный на использовании запатентованных технических решений [216, 218], показан на рисунке 7.1. КСУД ГМП (см. рисунок 7.1) содержит транспортное средство, снабженное двигателем 1, гидротрансформатором (ГДТ) 2, коробкой передач (КП) 3, которое эксплуатируется в условиях

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

внешней среды. Для сбора и измерения всевозможной информации о параметрах и характеристиках управляющих воздействий водителя, механизмах и режимах АТС, внешней среды и ситуаций используются различные датчики: положения педалей акселератора 4 и тормоза 5, частоты вращения вала двигателя 6, входного 7 и выходного 8 валов КП, датчики контроля состояния муфты блокирования 9 ГДТ 2 и фрикционных муфт 10 КП, температуры 11 двигателя и трансмиссии, скорости 12 машины, характеристик дорожных условий 12 и внешней среды 13 (макро- и микропрофиля поверхности дороги, уклона 14, коэффициента сопротивления 15, различных ситуаций 16–17 и т. д.).

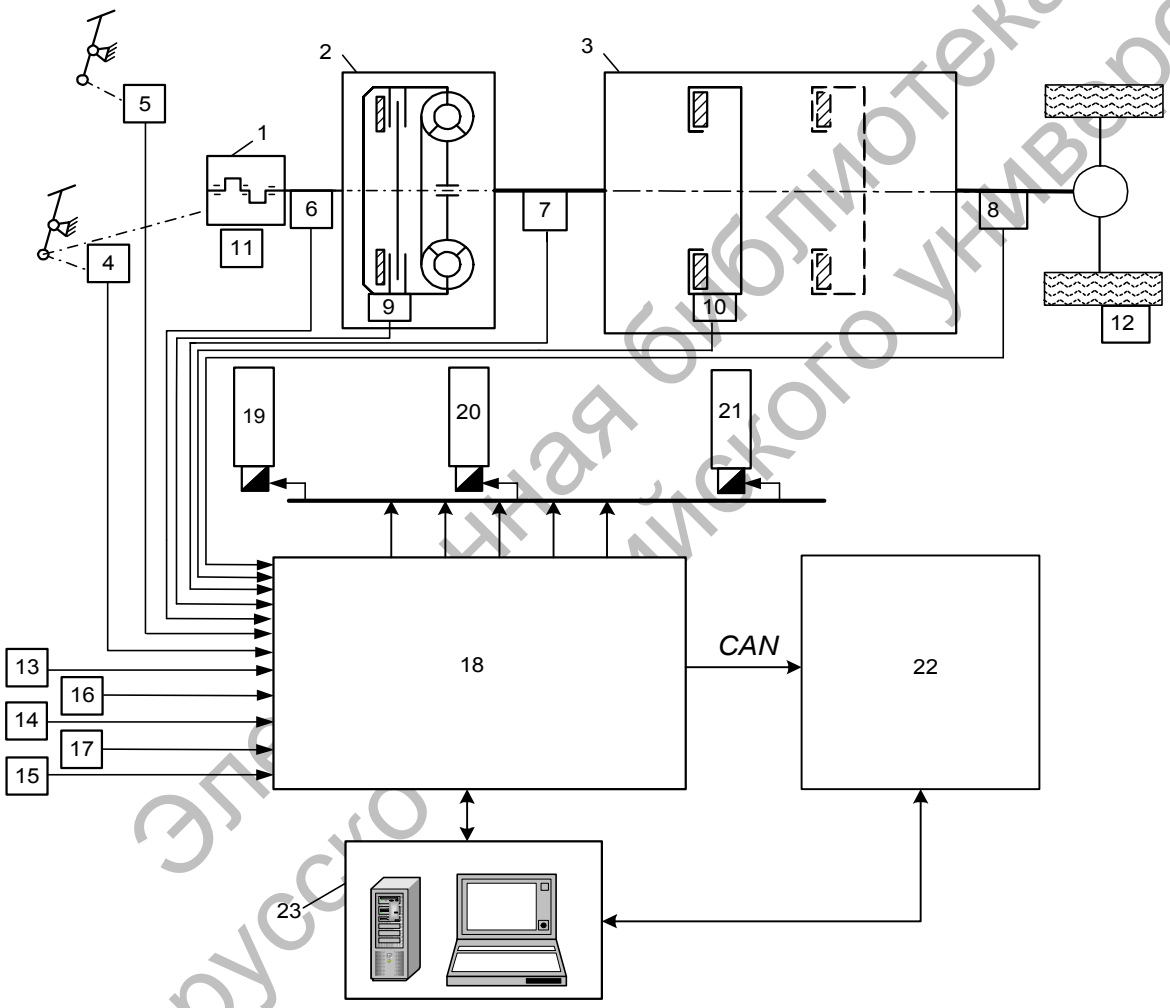


Рисунок 7.1 – Схема КСУД ГМП

Собираемая датчиками информация используется при формировании программы управления энергетическими режимами, причем программа управления включает основную (базовую) программу и элементы адаптации основной программы к нештатным режимам. Поступающая от датчиков информация обрабатывается в бортовом процессоре

Белорусская электронная библиотека технического университета

(электронном блоке) 18, в котором хранятся основная программа (в виде зависимостей между информационными переменными и базовыми характеристиками управления либо в виде цифровых файлов информации) и элементы ее адаптации. В итоге формируются управляющие сигналы для отработки исполнительными механизмами управления энергетическими режимами машины: двигателем 19 и механизмами ГМП – гидротрансформатором 20 и коробкой передач 21.

Для обеспечения процесса определения технического состояния механизмов и визуализации результатов диагностирования используется интеллектуальная панель оператора 22, которая связана посредством интеллектуальных CAN-каналов передачи информации с электронным блоком бортового процессора. Программу управления формируют на основе имитационного моделирования посредством ЭВМ 23 транспортного средства в модельных (типовых) условиях его движения. Основная программа представляет собой базовые характеристики управления переключением передач и блокированием ГДТ, характеристики управления скоростными режимами двигателя и управления фрикционами переключения передач. При формировании основной программы используется методология математического моделирования и оптимизации параметров сложных технических систем, регрессионный и корреляционный анализ, новые информационные технологии и другие методы, рассмотренные в предыдущих главах. Для формирования характеристик адаптации базовой программы к различным режимам также проводят комплекс научных исследований с использованием ЭВМ и математического моделирования [86, 87, 93, 97, 110, 112].

Осуществление процесса диагностирования происходит следующим образом. Диагностическая информация доставляется в электронный блок с помощью датчиков 4–17. Обработка поступившей информации происходит на основе специализированных алгоритмов и современных методов. В процессе определения технического состояния механизмов на интеллектуальной панели оператора 22 осуществляется визуализации результатов диагностирования и отображаются необходимые для водителя сведения, команды, предписания и т. п.

Диагностическая информация может быть легко считана и с помощью носителей информации передана на пункт ее обработки экспертами, оснащенными ПЭВМ и специальным ПО.

7.3 Новые методы диагностирования гидромеханических передач

При рассмотрении основных проблемы автоматизации, возникающих при управлении и анализе технического состояния механизмов мобильных машин выявляются недостатки традиционных методов диагностирования

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

[117]. Новые методы диагностирования сложных технических объектов, основанные на применении теории искусственного интеллекта, нечеткой логики и нейронных сетей, устраняют эти недостатки.

Вопросы обеспечения автоматизации процессов диагностирования приобретают особую актуальность. И здесь первоочередной задачей является совершенствование соответствующего научного направления и его теоретического аппарата.

Наука под названием «техническая диагностика» направлена на исследование текущего состояния объектов диагностирования и форм его проявления во времени, разработку методов его определения и принципов построения систем диагностирования. Поэтому диагностирование должно учитывать различие в формах проявления технического состояния объектов, целесообразность использования тех или иных методов определения работоспособности и поиска неисправности и особенности технической реализации средств диагностирования.

Так как в состав объектов диагностирования (ОД) входят системы автоматического управления (САУ) механизмами ММ, то задачи технического диагностирования имеют непосредственную связь с задачами теории управления и с методами, используемыми для их описания и анализа, что и определяет специфику исследований САУ как объекта технического диагностирования. Принятые принципы представления математических моделей не противоречат методам получения рациональных программ определения работоспособности и поиска дефекта, широко представленным в различных публикациях. В основе этих методов лежит представление оператора перехода в виде таблицы состояний, характеризуемых символами 0 и 1. Определение условий работоспособности САУ и выбор параметров, изменение которых приводит к отказу САУ, традиционно осуществляют несколькими методами: графоаналитическим, с помощью ЭВМ, комбинированным.

В зависимости от необходимой точности анализа, способа контроля и применяемых средств вычисления при исследовании ОД используют метод корневых траекторий, методы частотного анализа, метод, основанный на использовании квадратурных формул приближения, метод чувствительности.

Частотные методы анализа моделей базируются на положениях теории автоматического управления (ТАУ) и используют частотные характеристики для определения предельных значений (границ устойчивости) работоспособности САУ, а также находят весовые соотношения контролируемых параметров. В методе чувствительности численное исследование параметрической модели ОД во всем диапазоне

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

возможных значений его параметров заменяется анализом функций чувствительности, являющихся решением специальных уравнений в частных производных. Нахождение относительных весовых значений контролируемых параметров, определяющих глубину поиска дефекта, а при алгоритмизации поиска дефектов – рациональную его последовательность для простейших одноконтурных и одномерных САУ, не требует особых методических приемов и выполняется в соответствии с принятыми в теории и практике анализа автоматических систем методами.

Основные трудности при диагностировании сложных объектов

Исследованием проблем технического диагностирования занимались многие ученые. Однако опубликованные работы по диагностированию мобильных машин носят узколокальную направленность. Большинство из них посвящено использованию классических методов оценки технического состояния отдельных механизмов в рамках системы планово-предупредительных работ, эффективность которой на сегодняшний день невысокая.

Характерной особенностью диагностируемых объектов является *неопределенность происходящих при их эксплуатации процессов*, *непредсказуемое поведение диагностических параметров*, *множество ситуаций и режимов*, *неполнота и ограниченность информации*.

В этой связи ставится важная задача: собрать побольше диагностической информации и затем быстро и качественно ее обработать. С появлением современных средств сбора и представления информации благодаря огромным возможностям бортовой микроэлектроники появились хорошие предпосылки для осуществления диагностирования на качественно новом уровне.

Современные методы диагностирования тесно «работают» с такой формой информации, как ***научное знание***, поскольку она дает реальные предпосылки и является ***основой*** для постановки правильного и точного технического диагноза. Причем в диагностировании широко используются два основных метода приобретения научных знаний: *теоретический и экспериментальный* (см. главу 3).

Теоретический метод основан на проведении комплекса аналитических процедур, теоретических экспериментах на имитационных моделях, использовании математического аппарата, анализе теоретических данных и т. д.

В экспериментальном методе знания для установки технического диагноза поставляют испытания объекта (полунатурные, стендовые, эксплуатационные, ходовые). Далее эти сведения, полученные в виде осциллограмм, графиков, таблиц, фотографий и т. д. обрабатываются на

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

основе математического аппарата или с помощью визуальных оценок и сравнительного анализа.

Теоретический и экспериментальный методы в равной мере используются в методах диагностирования. Эти методы разделяются на два больших класса, которые рассмотрены ниже.

1 Традиционные методы диагностирования и их ограничения

Традиционные методы достаточно подробно описаны в [117].

Несмотря на большое разнообразие и широкие возможности традиционно используемых методов диагностирования, им присущ ряд недостатков. Основные недостатки и ограничения этих методов перечислены в разделе 6.1.

2 Новые методы диагностирования

С использованием ТИИ автором разработаны новые методы диагностирования, отличающиеся большим быстродействием и высокой точностью постановки диагноза [90–92]. Их сущность изложена ниже.

Метод диагностирования, основанный на нечеткой логике

Эксплуатация объектов и механизмов ММ происходит в среде нечеткости, ограниченности, размытости, неполноте информации об изменении параметров. Значит, для решения задач диагностирования нужно использовать соответствующий математический аппарат. В качестве последнего походит раздел ТИИ, именуемый *нечеткой логикой* [39, 48, 105].

Автором разработан *метод диагностирования, основанный на нечеткой логике* [90]. Он сводится к следующему.

Для получения информации, необходимой для формирования продукционных правил нечеткой логики, строят функциональные зависимости одних диагностических параметров от других вида

$$d_k = f(d_l)\,;\; k,l = \overline{1,m}\,;\; k \neq l\,, \qquad (7.1)$$

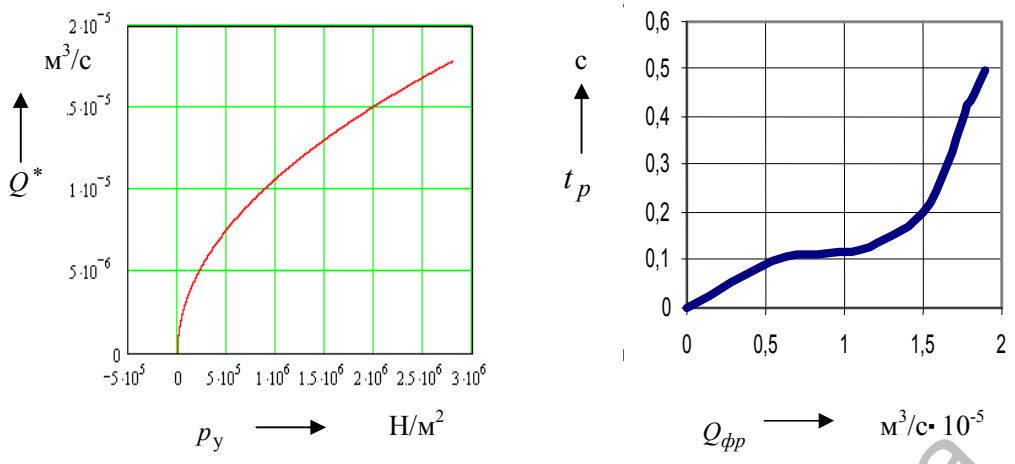
где d_k, d_l – диагностические параметры; m – их количество.

Эти зависимости позволяют выявить влияние одних диагностических параметров на другие.

Некоторые из этих зависимостей изображены на рисунке 7.2. Они необходимы для формирования и уточнения экспертной базы знаний.

Например, графики на рисунке 7.2 показывают, что с увеличением давления жидкости утечки в гидроаппаратах ГМП возрастают примерно по экспоненциальному закону, а нарастание амплитуды пульсации давления во фрикционах переключения ступеней ГМП происходит по более сложной характеристике. В то же время, такие графики средствами нечеткой логики воспроизводятся путем довольно легко на основе правильного составления функций принадлежности и продукционных правил.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета



Q^* – расход утечек гидрораспределителя; $p_у$ – давление упругого элемента; t_p – время пульсации давления во фрикционе коробки передач; $Q_{фр}$ – расход в магистрали фрикциона

Рисунок 7.2 – Взаимное влияние диагностических параметров ГМП

С целью оценки влияния диагностических параметров на характеристики механизмов и элементов объекта диагностирования получают зависимости вида

$$y_j = f(d_k);\ j = \overline{1,n};\ k = \overline{1,m}, \qquad (7.2)$$

где y_j – характеристики объекта; n – количество характеристик.

Далее строится экспертная система, предназначенная для определения характера и степени неисправностей гидропривода [117].

Метод диагностирования, основанный на нейронечеткой идентификации

Сущность метода в следующем [91–92]. Анализ причин возникновения переходных режимов работы механизмов АТС основан на оценке соотношений между изменениями параметров векторов входа X и выхода $\vec{Y}$ некоторой системы. Нейронечеткая сеть идентифицирует конкретные неисправности объекта при условии, что она была предварительно обучена распознавать тот или иной отказ либо неисправность. Для обучения используются классические математические принципы обучения нейронных или нейронечетких сетей. Метод содержит несколько этапов.

Этап 1. Сбор экспертной информации по отказам и неисправностям и формирование базы знаний. На данном этапе на основе экспериментальных данных, заключений экспертов и других достоверных источников информации формируется база знаний. Она представляет собой совокупность обучающих выборок, характеризующих признаки и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

проявления неисправностей; эти выборки в дальнейшем подаются на вход нейронечеткой сети.

Например, ставится задача определения технического состояния элементов ГМП грузового автомобиля, который эксплуатируется в условиях автомобильного хозяйства.

Исходная информация о функционировании ГМП, поведении ее параметров, возможных неисправностях и причинах их возникновения формируется в виде экспертной базы знаний на основе достоверных данных, полученных в результате заводских испытаний ГМП и моделирования физических процессов. Источниками формирования базы знаний служат также результаты экспериментальных исследований в стендовых условиях и в процессе ходовых испытаний, а также статистические данные по отказам, полученные из автохозяйств, где эксплуатируются данные машины.

Сформированная база знаний используется при обучении нейронечетких сетей, распознающих неисправности. Количество продукционных правил таких баз знаний составляет несколько десятков для описания технического состояния отдельного механизма или несколько сотен для машины в целом.

Этап 2. Создание нейронечеткой модели. Нейронечеткая модель образуется на математической основе теории нейронных сетей и средств нечеткой логики (рисунок 7.3). Входами сети служат информационные переменные $\tilde{X}$ (диагностические параметры), описанные функциями принадлежности $\tilde{a}_{ij}$, $i=\overline{1,N}$, $j=\overline{1,M}$, при этом N – число информационных переменных, M – число лингвистических переменных по каждому параметру. В качестве выхода сети – вектора $\tilde{Y}_i$ – выступают различные критерии, определяющие показатели эффективности, качества и безопасности функционирования механизмов гидромеханической передачи автомобиля (КПД, вибрации, пульсации давления, утечки и т. д.).

Для преобразования четких сигналов в нечеткий вид диагностические параметры фаззифицируются. Каждый из диагностических параметров $\tilde{a}_{ij}$ описывается несколькими (тремя–пятью) термами лингвистической переменной. Как правило, для этих целей используются треугольные или гауссовские функции принадлежности [117].

Для нейронечеткого моделирования используют специализированное программное обеспечение (например, программу Fuzzy Logic Toolbox программного обеспечения MATLAB 7.0). Аппроксимирующая модель включает в себя программу с расширением ***.fis**, основанную на представлении входных параметров базы нечетких правил нечеткими переменными, и программы формирования тестирующих и обучающих данных ***.m** на основании реальных процессов функционирования ГМП. При использовании модели в режиме реального времени исходные данные

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

об изменении параметров ГМП поступают от регистратора – микропроцессора или бортового компьютера.

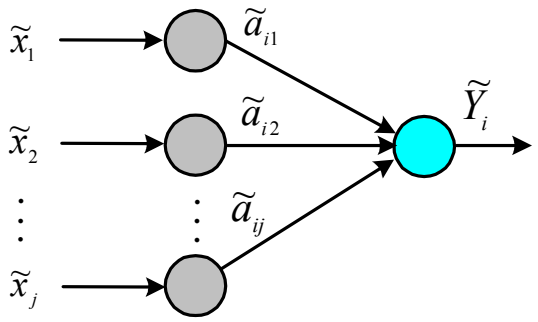


Рисунок 7.3 – Модель нейронечеткой сети

Структура адаптивной нейронечеткой сети ANFIS, аппроксимирующей выход диагностической системы, показана на рисунке 7.4. При этом число входов сети равно количеству используемых диагностических параметров.

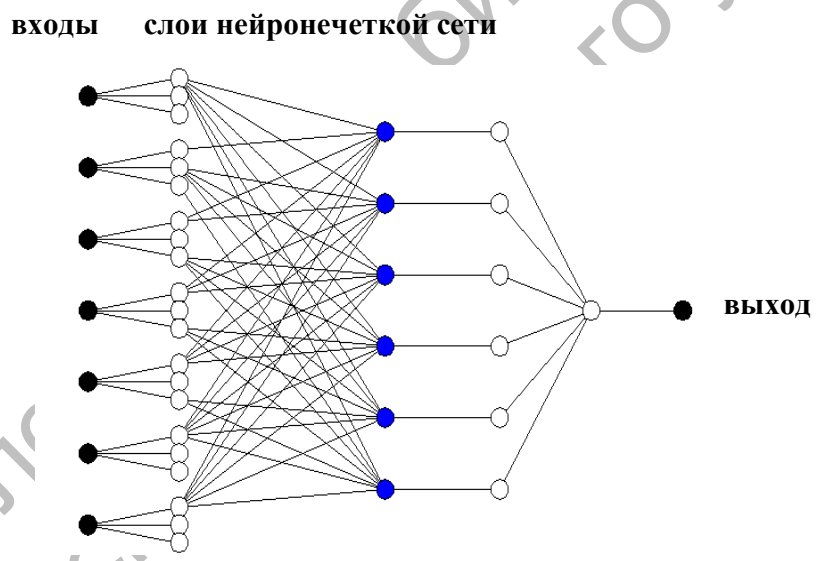


Рисунок 7.4 – Модель адаптивной нейронечеткой сети ANFIS

Этап 3. Обучение нейронечеткой сети. При обучении сети на ее вход подают совокупность пар обучающих выборок (численных данных), характеризующих сочетание диагностических параметров для разных видов технического состояния механизмов ГМП. Значение, получаемое на выходе сети, соответствующим образом интерпретируется.

Электронная библиотека Белорусского университета

Время обучения модели, приведенной на рисунке 7.3, с использованием компьютера Athlon 1133 с операционной системой Windows XP Professional и установленной вычислительной системой MATLAB 7.0 составляет всего 10 с. Результат обучения сети был достигнут в течение 10 эпох (итераций).

Этап 4. Нейронечеткая идентификация и вывод заключения. Этот этап является заключительным в процессе определения технического состояния элементов ГМП.

При этом для получения технического диагноза используют обученную нейронечеткую сеть. При этом на вход сети поставляется информация о параметрах, характеризующих реальные процессы в ГМП. Для удобства пользователя диагностической системы числовая информация, получаемая на выходе сети, подвергается дополнительной интерпретации и выдается, к примеру, в вербальном виде (лингвистической форме).

При этом используются специальные окна интерпретатора, в котором информация экспертной системы о техническом состоянии механизмов ГМП для выбранного режима функционирования выводится в визуально-вербальном виде. В окне просмотра экспертной системы просматривают графическую информацию о поведении параметров на режиме управления или режиме диагностирования. В специальных строках выводятся разные сообщения: виды и наименования диагностических параметров, их текущие значения, предупреждения о возникновении нештатных ситуаций либо достижении параметров критических значений и др.

Элементы интерфейса экспертной системы могут быть достаточно легко изменены в соответствии с пожеланиями пользователя. Экспертная система для диагностирования ГМП, реализующая данный метод, сопровождается специализированным программным обеспечением. Его разрабатывают на современных языках программирования с привлечением средств визуальной разработки приложений [117].

Рассмотренный метод обеспечивает *получение расширенной достоверной базы знаний, быстроту обработки информации, точность получаемого технического диагноза и возможность оперативного определения технического состояния механизмов АТС в режиме реального времени*.

Преимущества метода заключаются в следующем:

– возможность использования расширенной достоверной базы знаний;
– высокая скорость обработки информации;
– большая точность технического диагноза;
– возможность текущего диагностирования в режиме реального

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

времени;

– удобство нормативного диагностирования на специализированных постах, станциях техобслуживания, в условиях автохозяйств, на горно-обогатительных предприятиях (ГОП), карьерах и т. д.

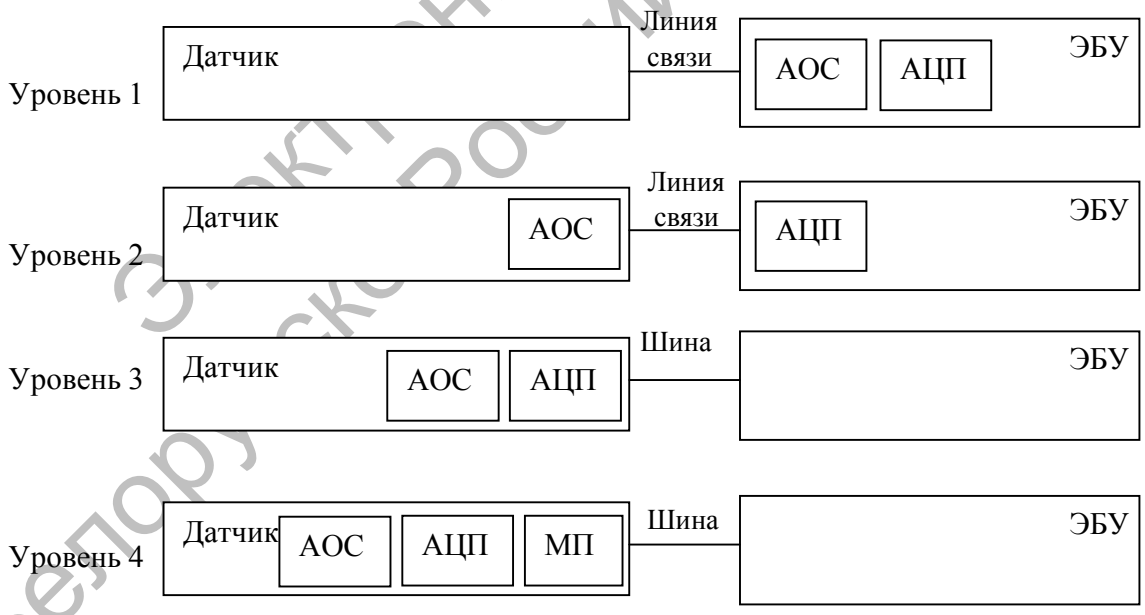
7.4 Устройства сбора информации: традиционные и новые

Для реализации методов диагностирования анализируемая информация должна быть собрана. В связи с увеличением возможностей автомобильных датчиков по переработке информации наблюдается тенденция к их интеграции, для чего нужно выделить соответствующий классификационный признак. *По степени интеграции* датчики условно разделяются на четыре иерархические уровня (рисунок 7.5).

Уровень 1. Аналоговый сигнал с датчика передается по проводной линии связи в ЭБУ, где и производится вся необходимая обработка. Такой метод наименее помехозащищен.

Уровень 2. В датчик включены цепи предварительной аналоговой обработки сигнала, улучшена помехозащищенность.

Уровень 3. В датчик помимо аналоговой обработки сигнала встроен аналого-цифровой преобразователь. Датчик может быть подключен к цифровой коммуникационной шине (CAN), улучшена помехозащищенность, сигнал датчика становится доступным локальной сети контроллеров.



АОС – аналоговая обработка сигнала; МП – микропроцессор; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЭБУ – электронный блок управления

Рисунок 7.5 – Иерархические уровни интеграции датчиков

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Уровень 4. Датчики наделяются интеллектуальными возможностями за счет установки в них микропроцессоров и применения новых методов обработки информации. Цифровой сигнал хорошо помехозащищен, имеются возможности программной установки параметров датчиков под конкретную модель АТС, значительно расширены диагностические возможности.

Новые технологии позволяют датчики делать более компактными и миниатюрными (рисунок 7.6).

Появляются комплексные устройства сбора информации, сочетающие в себе функции датчиков и средств визуализации информации. Примером может служить *инфракрасные термометры (пирометры)* (рисунок 7.7), которые определяют температуру тел по их тепловому излучению на основе бесконтактного метода. Они являются весьма удобным диагностическим инструментом для проведения технического обслуживания, обеспечивающим максимальную точность измерения температуры на любом расстоянии.

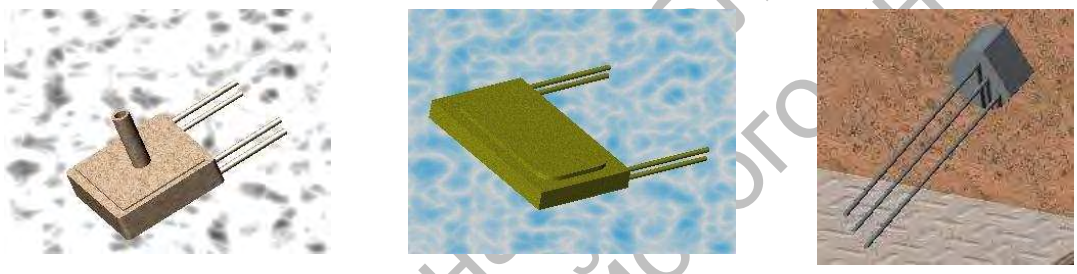


Рисунок 7.6 – Миниатюризация датчиков

Рисунок 7.7 – Инфракрасный термометр с лазерным наведением

Пирометры осуществляют инфракрасное измерение температуры различных поверхностей, обеспечивая оперативное выявление неисправностей, например, в системе смазки и зажигания, способствуют определению источников короткого замыкания, выявляют перегрев оборудования, тем самым значительно уменьшая затраты и время на устранение дефектов. Диапазон измерения температур пирометров от –30 до 500°С.

Широко применяются цифровые датчики (рисунок 7.8). Так, цифровые датчики температуры предназначены для измерения и мониторинга температуры собственного корпуса и температуры удаленного объекта. Во втором случае измерение производится при помощи внешних термодатчиков (кремниевых диодов).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 7.8 – Цифровые датчики температуры

Цифровые датчики объединяют на кристалле кремниевый термодатчик, АЦП (до 14 бит), регистры верхнего и нижнего значения собственной температуры и температуры удаленных датчиков, регистры конфигурации и гистерезиса, аналоговые компараторы, логику управления и реализации протоколов последовательной передачи данных (SPI, SMBus, I2C) и стабилизатор питания. Цифровые датчики температуры обладают невысокой стоимостью, компактным исполнением и низким током потребления. Они позволяют просто и эффективно решить задачу отслеживания температуры и при возникновении перегрева сформировать сигнал тревоги или прерывания.

Еще пример: *портативные цифровые термометры с записью данных* (типы TDA–300 и TDA–3000). В комплекте с высокоточными термоэлементами (рисунок 7.9) они используются для измерения температуры на поверхностях, в жидкостях, расплавах, газах и пластичных элементах. Сменные датчики температуры позволяют быстро переходить к другим задачам измерения. Приборы обладают функцией записи данных. Записанные измеренные данные могут быть считаны через USB-интерфейс. Для визуализации специальная PC-программа не требуется, т. к. измерительные данные идентифицируются в формате ASCII CSV (оценка в программе обработки электронных таблиц).

Особо следует отметить технологию микроэлектромеханических систем MEMS (Micro-Electro Mechanical Systems), которая развивается быстрыми темпами. Технология MEMS объединяет множество микроустройств разнообразной конструкции и назначения, в производстве которых используются модифицированные технологические приемы микроэлектроники. Микроэлектромеханические системы получаются путем комбинирования механических элементов, датчиков и электроники на общем кремниевом основании посредством технологий микропроизводства. Все элементы могут быть реализованы в виде единого изделия, причем сразу десятками или сотнями, как микросхемы на кремниевой пластине. В основе этого лежит апробированная традиционная технология производства полупроводниковых интегральных микросхем.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 7.9 – Портативный термометр с записью данных

Важнейшая составная часть большинства MEMS – микроактуатор (рисунок 7.10). Устройство преобразует энергию в управляемое движение. Область применения этих устройств чрезвычайно широка. Микроактуаторы используются в автомобилестроения, робототехнике, космической области; они применяются в микродвигателях для управления микрореле и др.

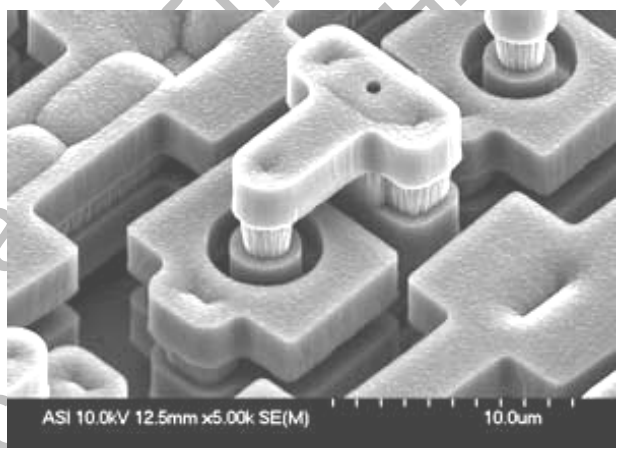


Рисунок 7.10 – Микроактуатор MEMS

Все методы активации (движение, деформация, приведение в действие) в таких устройствах используют электростатический, магнитный, пьезоэлектрический, гидравлический и тепловой принципы.

При оценке использования того или иного метода часто применяют характеристики пропорционального уменьшения размеров. Наиболее перспективными методами считаются пьезоэлектрический и гидравлический. Электростатическая активация наиболее широко распространена и применяется примерно в одной трети микроактуаторов; однако главные ее недостатки – износ и слипание. Магнитные микроактуаторы обычно требуют относительно большого электрического тока. Тепловые микроактуаторы потребляют относительно много электрической энергии; главный их недостаток состоит в том, что генерируемое тепло приходится

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

рассеивать.

MEMS-технологии применяются при создании датчиков ускорения (акселерометров), устанавливаемых практически во всех современных автомобилях для детектирования столкновения и выпуска защитных воздушных подушек (SRS). MEMS-акселерометр состоит из взаимно блокирующих стержней, которые поочередно перемещаются и фиксируются. Изменение ускорения отражается на емкости структуры, которую легко измерить. Элементы могут размещаться подобно гребням в случае линейных акселерометров или в виде ступицы колеса в случае вращающегося акселерометра. Вращающиеся акселерометры могут служить для расширения возможностей антиблокировочных систем автомобиля (ABS), так как они способны зафиксировать фактическое перемещение автомобиля, а не только блокировку колес. MEMS-датчики используют также в акселерометрах воздушных мешков. Предполагается их применение в приборах контроля давления в шинах. Существует еще одна область, где MEMS могут способствовать внедрению электроники в автомобиль – это защита от боковых ударов при аварии, что позволит значительно повысить безопасность водителя и пассажиров.

Компаией Sandia National Laboratories разработан датчик, который может обнаруживать перемещение в менее чем 1 нм (рисунок 7.11). Основная часть прибора представляет собой решетку, изготовленную из двух перекрывающихся гребенок (поперечный размер 50 мкм): одна неподвижная, другая прикреплена к пружине. Расстояние между зубцами гребенки составляет от 600 до 900 нм, что сопоставимо с длиной волны видимого света. Даже при незначительном перемещении прибора подвижная гребенка совершает колебания, расширяя или сужая решетку, образованную пересекающимися зубцами. Изменение зазоров решетки влияет на ее оптические свойства, и лазерный луч, отражаясь от перекрывающихся зубцов, будет заметно ярким или тусклым. Такой детектор можно использовать в основе навигационного прибора, работающего независимо от спутниковой сети глобальной системы позиционирования.

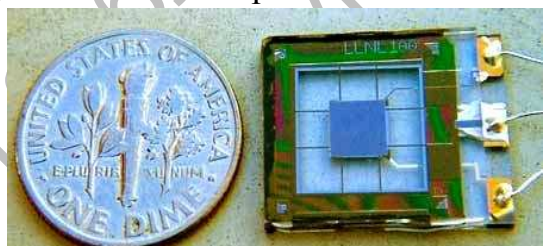


Рисунок 7.11 – Датчик MEMS

7.5 Системы повышения комфорта

Многие электронные автомобильные компании («Delphi Automotive Systems» и др.) непрерывно совершенствуют технические решения, повышающие комфорт человека в движущемся автомобиле. Это модемы и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

электронная почта; системы спутниковой связи для доступа в Интернет; мониторы, встроенные в спинки сидений и управляемые прикосновением к экрану; автоматическое регулирование параметров сидений (высоты и углов наклона), натяжения ремней безопасности, положения рулевого колеса и т. д. Автомобили получают возможность принимать спутниковые сигналы посредством плоской антенны, вмонтированной в крышу, обеспечивая водителя и пассажиров различной информацией, осуществлять все виды связи и доступ к любой интересующей информации, организовывать досуг. Внедрение технологий распознавания речи позволяет водителю устно отвечать и прослушивать электронную почту, узнавать сведения о нужных объектах, получать навигационные сведения, слушать желаемую музыку и т. д., а также использовать управляемые голосом функции телефона.

На рисунках 7.12–7.16 изображены некоторые технические решения в области автомобильного интерьера, повышающие комфорт водителя и пассажиров. Расположенные у рулевого колеса органы управления и оборудование, сгруппированное в центре панели управления, обеспечивают водителю прямой доступ к главным функциям и необходимой информации (рисунки 7.12 и 7.13).

Перед водителем – всё самое важное: между окантованными хромом циферблатами находится матричный дисплей (см. рисунок 7.13), который сообщает всю необходимую для управления информацию, а также передает предупреждающие сообщения.

а) б)

а – цифровой дисплей для контроля основных функций с отображением наружной температуры; б – автоматический климат-контроль, позволяющий задать желаемую температуру в салоне

Рисунок 7.12 – Технические решения в области интерьера кабины

Рисунок 7.13 – Компоновка приборов с дисплеем бортового компьютера

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Автоматический климат-контроль – это системы автоматической рециркуляции воздуха, фильтрования с угольным фильтром и автоматической рециркуляции AUC. При нажатии специальной клавиши автоматически регулируется температура воздуха в салоне в зависимости от выбранных настроек (рисунок 7.14, б). Комфорт водителя автомобиля обеспечивается различными средствами. Например, существуют зеркала со встроенными жидкокристаллическими дисплеями (рисунок 7.15). Такие устройства значительно улучшают обзорность при движении задним ходом и способствуют повышению безопасности. Когда автомобиль движется вперед, устройство выглядит как обычное зеркало, однако как только водитель включает заднюю передачу, на зеркале загорается 3,5-дюймовый дисплей, куда передается изображение от камеры, расположенной сзади машины. Широко применяются зеркала с электроприводом и подогревом (рисунок 7.16).

Рисунок 7.14 – Обеспечение комфорта водителя с функцией климат-контроля (1)

Рисунок 7.15 – Зеркала со встроенными жидкокристаллическими дисплеями

Рисунок 7.16 – Наружные зеркала заднего вида с электроприводом и подогревом

Электронная библиотека Белорусского университета

7.6 Бортовые компьютеры

Бортовой компьютер (БК) является главным элементом бортовой автомобильной микроэлектроники. Синонимичные названия БК: маршрутный компьютер, путевой процессор, маршрутный бортовой компьютер. Бортовой компьютер – это интеллектуальная комплексная электронная система сбора, хранения и отображения информации о различных параметрах при работе автомобиля. Он осуществляет автоматическое управление АТС и оперативный контроль параметров его механизмов, характеристик расхода и пробега, обеспечивает диагностические функции по определению технического состояния, контролируют скорость движения, выдает водителю информацию, необходимую на маршруте, управляет средствами связи автомобиля с внешним миром, навигационной системой и т. д. Бортовые компьютеры значительно повышают комфорт водителя и пассажиров, управляют кондиционером, автомобильной аудиосистемой и т. д. БК обеспечивает высокую точность показаний. Все текущие параметры выводятся в цифровом виде на дисплее высокого разрешения. Обычно бортовые компьютеры выдают информацию на цифровой дисплей и управляются с пульта управления на приборной панели автомобиля.

В БК применены новейшие достижения в области цифровой обработки сигнала. Приборы выпускаются с различными видами дисплеев (светодиодный, жидкокристаллический, матричный, или текстовый) в корпусах разных типов. Применяются и более удобные цветные графические сенсорные дисплеи с программируемыми виртуальными органами управления. Разновидностью БК являются портативные коммуникаторы и органайзеры, которые можно подключать к шине данных АТС, причем соответствующее программное обеспечение делает их частью автомобильной информационной системы. Бортовой компьютер может быть подключен к сети Интернет. Электронная почта становится доступной для водителей и пассажиров. При подключении через спутниковую антенну обеспечивается высокая скорость передачи данных.

Бортовой компьютер одновременно выполняет ряд функций: определяет остаток топлива в баке; прогнозирует дальность пробега на остатке топлива; вычисляет общий и средний расход топлива; определяет продолжительность поездки и пройденное расстояние; вычисляет текущую и среднюю скорость движения; контролирует положение органа топливоподачи; контролирует температуру охлаждающей жидкости; выполняет корректировку яркости индикации; контролирует показания

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

тахометра; контролирует напряжение бортовой сети; отображает на дисплее коды возникающих ошибок. В режиме аварийного сигнализатора БК подает предупредительный сигнал при недопустимом перегреве двигателя или при недопустимом напряжении бортовой сети.

В используемых БК их функции дифференцируются по отдельным группам, которые перечислены ниже.

Регистрация и отображение «мгновенных» параметров. БК способен отображать: текущее время, скорость автомобиля, частоту вращения коленчатого вала двигателя, температуру двигателя, температуру в салоне и наружного воздуха, остаток топлива в баке, бортовое напряжение и т. д. Хотя многие из этих значений можно увидеть по показанию индикаторов на панели приборов, точность показаний штатных систем, как правило, невысока, и, самое главное, не поддается коррекции. Например, при установке колес большего диаметра скорость автомобиля при тех же значениях частоты вращения вала двигателя будет выше. Однако штатный спидометр «не обладает информацией» о новых колесах и будет отображать неверные данные. В то же время бортовые компьютеры позволяют внести коррективы в работу и сообщат об истинном значении скорости.

Регистрация и отображение маршрутных параметров. С бортовым компьютером становятся доступными *маршрутные параметры*: информация о текущем расходе топлива, среднем расходе на 100 км пути, расходе топлива за текущую поездку, времени поездки, пройденном пути и т. д. Некоторые БК не только отображают информацию об уже совершенной поездке, но и помогут запланировать новую. Например, сообщат время, необходимое на преодоление заданного пути, рассчитают рекомендуемую скорость, необходимое количество топлива, сообщат количество километров, которые удастся преодолеть на остатке топлива в баке, рассчитают затраты на поездку. При этом подсказки можно получить от самого БК в интерактивном режиме.

Контроль над ситуацией. Хотя одной из функций БК является возможность увидеть на экране многие параметры, однако важно не только увидеть, но и вовремя среагировать на *нештатную ситуацию*. Здесь крайне полезной окажется способность БК постоянно контролировать ряд параметров и при необходимости оперативно сигнализировать об их изменении. Так, при нарушении работы системы охлаждения водитель может не заметить, что температура двигателя превысила норму. БК ни на секунду не потеряет контроль над ситуацией и немедленно предупредит о перегреве двигателя звуковым или визуальным сигналом. Точно так же БК проконтролирует и предупредит о превышении рекомендуемой скорости движения, о значении бортового напряжения, об опасности образования гололеда на дороге, о необходимости очередного технического обслуживания.

Сервисные и диагностические функции. БК обеспечивает: ввод поправок угла опережения при запуске двигателя и в рабочем режиме, оперативное изменение угла

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

при переходе с бензина на газ, использование многоискрового режима для облегчения запуска двигателя, самостоятельную установку режима включения вентилятора охлаждения (функция-тропик) и т. д. БК превращается в личного автомеханика: перед каждой поездкой произведет диагностирование двигателя, трансмиссии и других механизмов автомобиля и сообщит о наличии неполадок и причинах, вызвавших их.

Устройства бортового и обычного компьютера схожи. Главные элементы БК: центральный процессор, память, сторожевой таймер, АЦП и ЦАП, каналы ввода и вывода, шина данных, таймер реального времени. БК способен подключаться к датчикам уровня топлива и скорости, к цепи зажигания, к диагностической колодке, к датчику расхода топлива и другим штатным системам. Исходными данными для БК служит вся доступная информация о состоянии автомобиля. Многие современные модели БК имеют возможность самостоятельного определения типа контроллера, установленного на АТС.

Обработка данных. В памяти автомобильного БК заложена определенная программа, которая обрабатывает полученные данные. Например, получив информацию от датчиков уровня и расхода топлива, компьютер делит одно значение на другое и дает возможность спрогнозировать пробег на остатке топлива. Аналогично БК обрабатывает данные и по ряду других параметров. При этом возможно внесение поправок в полученные данные. БК сам ничего не замеряет, и всю информацию о процессах, происходящих в АТС, он получает от штатных систем. Как правило, эта информация обладает большой погрешностью. Для повышения достоверности получаемых результатов программа БК должна обладать способностью корректировки наиболее важных показаний: по расходу топлива, расчету скорости и пробегу и т. д.

Отображение информации. Способ отображения полученной и вычисленной информации напрямую зависит от типа установленного дисплея. Дисплей может быть цифровой, трех-, четырёх- или шестиразрядный. В основном используют жидкокристаллические (ЖКИ) индикаторы или дисплеи. В ЖКИ информация отображается не только в текстовом формате, но и в графическом, поэтому эти устройства стали основными визуальными носителями современных БК. В последних версиях БК предусмотрена функция мультидисплея – одновременного отображения нескольких параметров. Существует возможность использования анимации.

Функция голосовой поддержки. Бортовые компьютеры наделяют функциями голосовой поддержки, что является весьма удобным и не отвлекает визуальное внимание водителя от контроля над дорожной обстановкой. Так, аварийный сигнализатор мгновенно среагирует на перегрев в системе охлаждения, на неполадки в бортовой сети. Приятный женский голос оповестит водителя о необходимости проведения различного рода технического обслуживания, предупредит о минимальном количестве топлива в баке и др.

Примеры бортовых компьютеров. На рисунке 7.17 изображен БК

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

российского производства. БК данного типа выполняют в виде алюминиевого полированного корпуса; они имеют экраны разрешения 640×480 RGB с размером диагонали 6,4” и выше и с сенсорной панелью управления. Эти БК могут устанавливаться вместо часов, блока контрольных ламп или магнитолы. Подсоединение к электрооборудованию автомобиля осуществляется при помощи штатных разъемов.

Рисунок 7.17 – Бортовой компьютер АТС

Рисунок 7.18 – Устройство для считывания и удаления кодов неисправностей

Бортовые диагностические компьютеры (БДК) являются разновидностью БК. БДК специализируются на анализе информации о неисправностях АТС и его основных механизмов. Часто БДК используют в виде комплексов, включающих набор различных датчиков, приборов и устройств. Некоторые такие устройства рассмотрены ниже.

Приборы и устройства для считывания и удаления кодов неисправностей автомобилей (рисунок 7.18). Данные устройства поддерживают стандарт OBD–II (протокол OBD–II ISO 9141 / ISO 14230), а также все международные протоколы: SAE–J1850VPM, SAE–J150VPW, ISO 9141–2, KWP–2000, CAN–BUS.

Подобные устройства используются следующим образом. Если загорелась контрольная лампа, например, «CHECK ENGINE», автомобиль останавливают, заблокировав колеса ручным тормозом.

На режиме запуска двигателя данное устройство подсоединяется к 16-контактному диагностическому разъему, который, как правило, расположен под панелью приборов. В течение нескольких десятков секунд

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

осуществляется считывание кодов неисправностей и просмотр описания неисправностей. Сначала на экране поочередно отобразятся цифры от 0 до 9 во всех знакоместах, затем при наличии в блоке управления ошибок их коды отобразятся на дисплее один за другим. К примеру, если кодов ошибок в памяти нет, на экране отобразится сообщение типа [C000]; если при считывании кодов DTC система не найдена, то отобразится [FFFF]. Интервал времени между кодами составляет около 1 с. После того, как код неисправности будет отображен 5 раз, устройство автоматически удалит его. В случае досрочного выключения устройства код останется в памяти блока управления автомобиля.

Универсальные бортовые диагностические компьютеры (Multi-set) предназначены для учёта и экономии топлива, контроля заданной топливной экономичности двигателя. При наличии датчика скорости могут работать в качестве маршрутных компьютеров. Устанавливаются в основном в автомобили, оснащённые инжекторными двигателями с электрическими форсунками с осуществлением функций диагностирования инжекторной системы по времени впрыска. Обычно подключаются к форсунке и к датчику скорости. Для организации работы бортовых диагностических компьютеров используется любой контроллер (ЭБУ, ECU). На монитор выводится коррекция топливоподачи, отображается также рациональный расход потребляемого топлива. Есть возможность программирования отдельных функций (установка эталонных значений экономичности, пределов автоматического контроля и др.).

*Мультисистемные маршрутные компьютер*ы для инжекторных автомобилей (рисунок 7.19). Примером служат модели Multitronics (VG1031U и SE–50). Такие маршрутные компьютеры могут функционировать в трех режимах: универсальном; с ЭБУ; по протоколу OBD-II (смешанный, или совмещенный тип подключения для автомобилей, поддерживающих диагностический международный протокол OBD–II (ISO 9141 / ISO 14230).

В универсальном режиме работы прибор подключается к датчику скорости и любой из форсунок; здесь доступно наименьшее количество параметров. Рассчитывается ряд дополнительных путевых и сервисных параметров, которые затем индицируются на дисплее.

На режиме работы с применением ЭБУ БК организует обмен по К-линии диагностирования. При периодическом обмене БК запрашивает у ЭБУ ряд параметров, которые после соответствующей обработки выводятся на дисплей прибора. Используя протокол обмена по К-линии диагностирования, функциональные возможности БК существенно расширяются. Водитель в дополнение к функциям, доступным в универсальном режиме, получает возможность контроля температуры двигателя, положения органа топливоподачи и др.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 7.19 – Мультисистемные маршрутные компьютеры

При совмещенном режиме подключения в соответствии с протоколом OBD–II для автомобилей используется подключение к форсунке и соединение с ЭБУ по К-линии, при этом доступен самый широкий набор функций.

Для работы МК в режиме OBD-II должен поддерживаться данный протокол на автомобиле. Проверка машины на поддержку протокола OBD-II ISO 9141 / ISO 14230 с помощью диагностического сканера не может служить гарантией работы МК по этому протоколу, т. к. протоколы различаются скоростью обмена информацией. МК, в отличие от диагностического сканера, для получения оперативных данных опрашивает ЭБУ с высокой скоростью, поэтому при наличии медленного протокола OBD–II ЭБУ может просто не ответить на запросы МК, либо будет доступна только часть параметров. В этом случае работа МК возможна только в универсальном режиме.

Устройства снабжаются RGB-дисплеями произвольного цвета с возможностью одновременной индикации нескольких параметров на дисплее (режим мультидисплей). Компьютеры наделены более 100 функциями, среди которых чтение и сброс кодов ошибок, их голосовая расшифровка, возможность использования нескольких программируемых мультидисплеев пользователя и др.

Особенностью *графического мультисистемного маршрутного компьютера* Multitronics SE–50 является наличие графического индикатора для наблюдения мгновенных параметров в виде графиков.

Дисплеи мультисистемных компьютеров способны выводить информацию в нескольких видах. Ниже приведены некоторые из режимов с указанием индицируемых на экране параметров.

Режим «Параметры»: мгновенный расход топлива; остаток топлива в баке; температура охлаждающей жидкости; температура воздуха; скорость; частота

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

вращения вала двигателя; напряжение; время; положение органа топливоподачи; массовый расход воздуха; прогноз пробега на остатке топлива в баке; напряжение на датчике кислорода; поправка угла опережения зажигания; длительность впрыска.

Режим «Средние за поездку»: время за поездку; расход на 100 км за поездку; скорость средняя за поездку; пробег за поездку; расход топлива за поездку; стоимость поездки.

Режим «Средние / сброс». Указываются следующие параметры (с момента сброса): время; расход на 100 км средний; скорость средняя; пробег; расход топлива; стоимость.

Режим «Средние накопительный»: моторесурс накопительный; расход на 100 км общий накопительный; абсолютная средняя скорость; абсолютный пробег; расход топлива общий; стоимость общая.

Режим «Техническое обслуживание 1»: замена воздушного фильтра; замена масла в коробке передач; ТО форсунок; среднее напряжение АКБ; замена ремня газораспределительного механизма; общая информация.

Режим «Техническое обслуживание 2»: замена охлаждающей жидкости; замена масла двигателя; замена свечей и др.

Некоторые дополнительные возможности мультисистемных компьютеров: принудительное включение вентилятора; индикация максимальной скорости на последнем километре пути; голосовое озвучивание названий и значений параметров и превышение установленных пределов; голосовое предупреждение о неисправностях, голосовая расшифровка кодов ошибок и их сброс; измерение времени разгона до скорости 100 км/ч; возможность общего сброса и возврата к заводским установкам; энергонезависимая память настроек и расчетов и др. функции.

Дисплеи маршрутных компьютеров выполняются в различном исполнении. Наиболее распространено два исполнения дисплея: со светлым фоном (буквы темнее фона) и с темным фоном (буквы светлее фона). Эти варианты закладываются конструктивно. При любом из вариантов исполнения пользователь МК может самостоятельно менять цвет фона дисплея (RGB) в процессе эксплуатации МК.

При работе с МК на дисплее отображаются до 6 параметров одновременно (один мультидисплей). Причем доступно 15 предустановленных мультидисплеев с различными параметрами автомобиля. Можно также запрограммировать три собственных мультидисплея.

В качестве дополнительной опции к МК предлагается функция «парктроник», которая существенно повышает безопасность движения задним ходом. Ее возможности: автоматический режим движения при включении задней передачи; автоматическое определение ближайшего препятствия; возможность выбора предупреждающего сигнала и др.

Многие легковые и грузовые автомобили совместимы с протоколом

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

OBD–II ISO 9141 / ISO 14230. Его использование реализуется посредством специального стандартизованного центрального диагностического разъема (рисунок 7.20). Основная функция диагностического разъема (в OBDII он называется диагностическим разъемом связи – Diagnostic Link Connector, DLC) заключается в том, чтобы обеспечить связь диагностического сканера с блоками управления, совместимыми с OBDII.

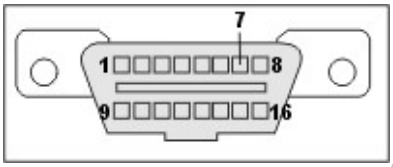


Рисунок 7.20 – Диагностический разъем

Каждый контакт разъема имеет свое назначение. Если на разъеме отсутствует контакт № 7, то автомобиль не поддерживает протокол ISO 9141 / ISO 14230. Диагностический разъем обычно расположен в пределах 1 м (по регламенту SAE – 16 дюймов) от рулевой колонки, для доступа к нему обычно не требуется разборки панелей или демонтажа оборудования. Производитель может разместить DLC в одном из восьми мест, определенных агентством EPA.

Для правильной работы прибора необходимо, чтобы автомобиль поддерживал стандарт обмена OBD–II ISO 9141 / ISO 14230, при этом диагностический разъем должен иметь контакты № 4, 5, 7, и 16. Некоторые бортовые компьютеры для работы по протоколу OBD–II требуют подключения к контакту № 7 диагностической колодки (К-линия).

Во многие бортовые компьютеры внедряются спутниковая навигация, функции связи по GSM/GPRS каналам, стандартный интерфейс шины CAN, управление ТВ и радио ресиверами, 2×30 Вт усилитель, причем делается все это в компактной и легкой конфигурации.

Примером автомобильных бортовых компьютеров служат модели, оснащенные жидкокристаллическим дисплеем и БК–40 с графическим светодиодным дисплеем (рисунок 7.21). Информация на экране дисплея отображается в удобном для чтения виде, постоянно индицируются стрелочные часы. Имеется функция «горячая клавиша», которая повышает комфортность использования компьютера. Предусмотрена возможность регулировки яркости свечения индикатора.

Основные функциональные возможности таких БК: многоцветная

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

подсветка; длительность поездки; мгновенный расход топлива (л/час или л/100км); средний расход топлива (л/100 км); общий расход топлива (л); пробег за поездку; пробег на остатке топлива; пробег до очередного ТО; мгновенная скорость автомобиля; средняя скорость за поездку; количество топлива в баке; прогноз пробега на остатке топлива в баке; температура двигателя; индикация числа ошибок с кодами неисправностей с возможностью сброса показаний; внешняя температура воздуха; предупреждение о гололеде.

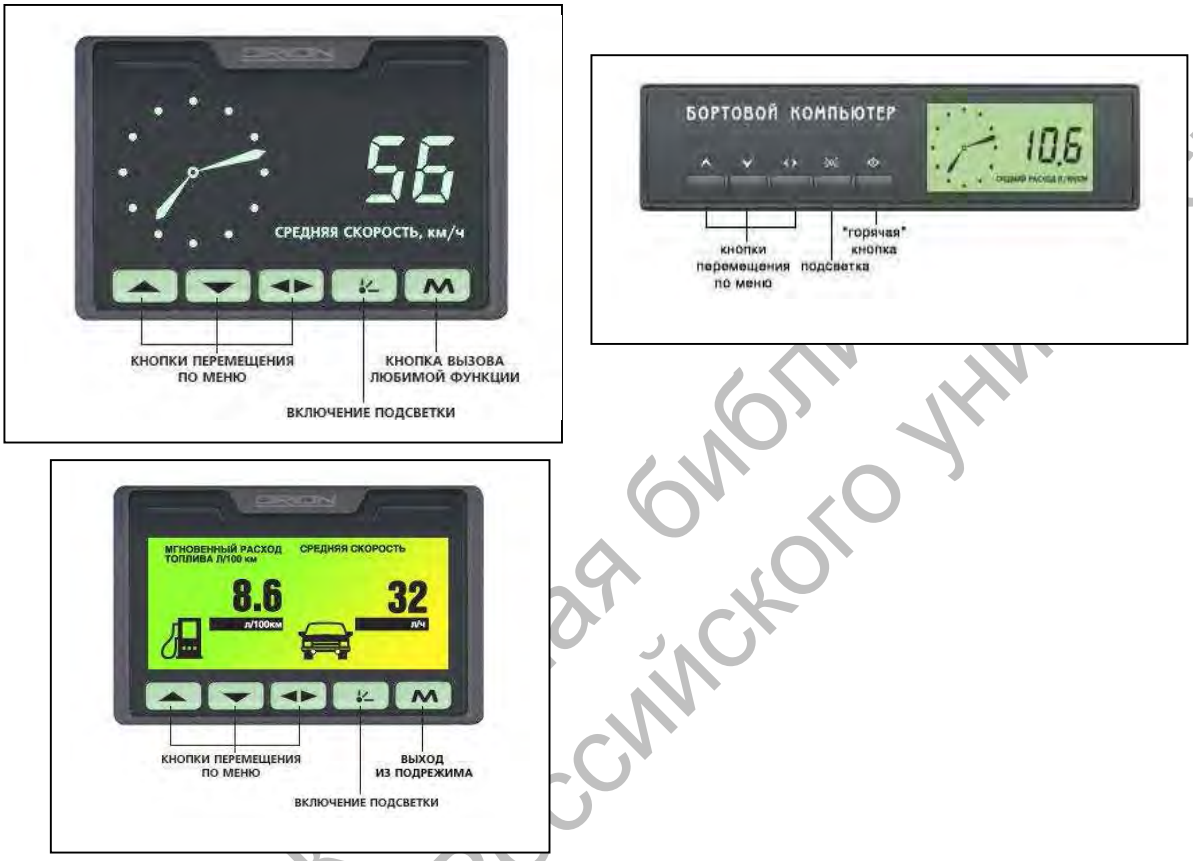


Рисунок 7.21 – Панели автомобильных бортовых компьютеров

Таблица 7.1 иллюстрирует отображаемую бортовым компьютером информацию о движении автомобиля. БК может устанавливаться на любой автомобиль как с датчиками скорости и расхода топлива, так и с информационным выводом ЭБУ об этих параметрах.

На рисунке 7.22 показан пример визуализации параметров БК в режиме «круиз-контроль». На рисунке 7.23 изображены электронные панели бортовых компьютеров.

Автомобильные компьютеры (рисунок 7.24) снабжены широкими мультимедийными возможностями для обеспечения комфортной поездки.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Водитель и пассажиры могут пользоваться цифровым радиоприемником с многоканальной памятью, тюнером для просмотра телевизионных программ. Жидкокристаллический экран с активной матрицей обеспечивает уникальное качество получаемого изображения. БК имеет встроенный DVD-ROM, который находится за откидной передней панелью.

Таблица 7.1 – Информация, отображаемая БК

Параметр	Диапазон значений	Пример отображения информации
1	2	3
Текущая скорость, км/ч	0.0–999.9	35.4
Частота вращения вала двигателя, об/мин	0–9999	3123
Бортовое напряжение, В	0.0–25.0	U 12.0
Максимальная скорость, км/ч	0–999	¯ 37
Средняя скорость, км/ч	0–999	– 35
Время пробега, ч (мин)	0.00–99.59	3.48
Пробег, км	0–9999	138.
Мгновенный расход топлива, мл/с	0.0–9.9	c 0.52

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Средний расход топлива, л/100 км	0.0–999. (с плавающей точкой)	L5.19
Мгновенный расход топлива на 100 км пути, л/100 км	0.0–999. (с плавающей точкой)	L.5.25

Окончание таблицы 7.1

1	2	3
Израсходованное топливо, л	0.0–999. (с плавающей точкой)	E7.42
Настройка яркости индикатора	8,88,888	E888
Примечание – Курсивом выделены обнуляемые параметры, жирным курсивом выделены параметры, которые обнуляются при переполнении		

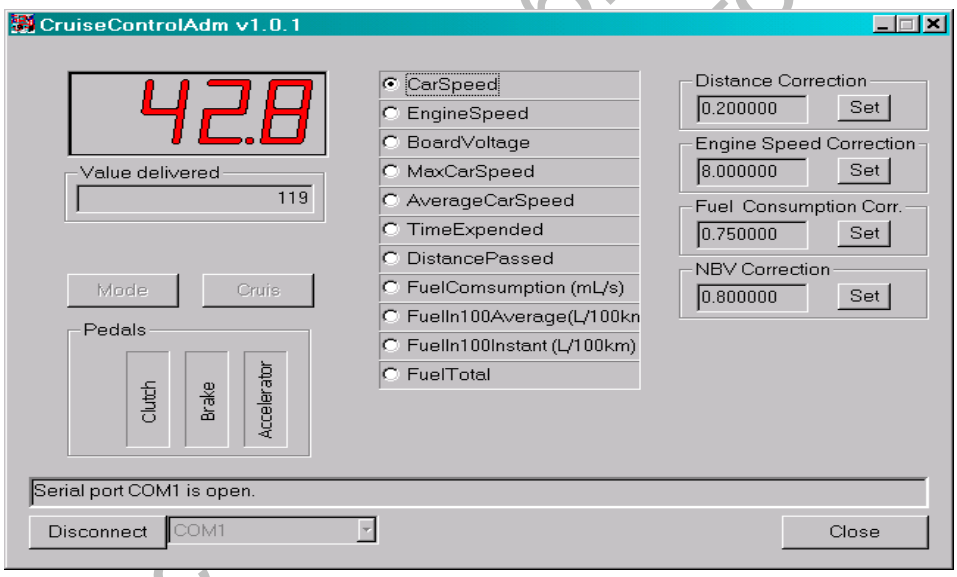
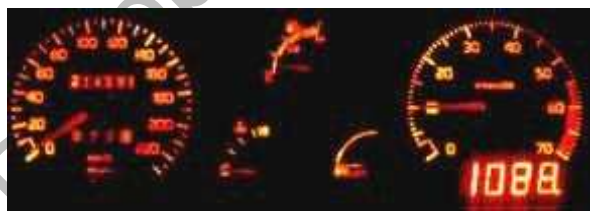


Рисунок 7.22 – Окно вывода и настройки параметров БК в режиме «круиз-контроль»



Белорусская библиотека университета

Рисунок 7.25 – Электронные панели бортовых компьютеров

Для удобства водителя компьютер можно подключить к дополнительной камере заднего вида. Принимаемое видеокамерой изображение можно вывести на экран компьютера, в том числе и в

«зеркальном» отражении. Для удобства к прибору можно подключить выносной дополнительный монитор.

Рисунок 7.24 – Автомобильный компьютер с мультимедийными возможностями

Особенностью подобных БК является возможность использования автомобильной навигации, которой посвящен раздел 7.11. В результате водитель может определить свое местоположение на карте, проложить кратчайший маршрут, найти автозаправочную станцию, пункт автосервиса, другие объекты в районе своего нахождения, проверить адрес и др. По всему маршруту обеспечивается голосовое сопровождение с информацией о предстоящих маневрах. Предусмотрен выбор нескольких вариантов маршрутов. Масштаб карты можно изменять. Есть возможность увеличить развязку и посмотреть направление движения на перекрестке, не отвлекаясь от процесса вождения. Прибор имеет встроенный гирокомпас для определения скорости и поиска автомобиля при движении в туннеле, под мостом или в подземном гараже, где связь со спутником GPS не может быть установлена.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

7.7 Интеллектуальные каналы передачи информации

Интеллектуальные каналы передачи информации (ИКПИ) – это такие каналы, которые обладают определенными интеллектуальными свойствами, что существенно отличает их от традиционных информационных каналов. К ИКПИ относятся мультиплексная проводка и сеть Controller Area Network (CAN).

Мультиплексная проводка представляет собой оригинальное инженерное решение, дающее автомобильным конструкторам при передаче информации ограничиться всего двумя проводами. Понятие «мультиплекс» означает многофункциональный / многоцелевой.

Принцип работы мультиплексной электропроводки достаточно прост. Рассмотрим, например, вариант подключения пары задних фонарей. При использовании традиционной схемы для этого необходимо проложить из передней части машины, где установлен блок предохранителей, целых шесть проводов для шести различных лампочек (стоп-сигнал, левый и правый указатели поворота, габаритные огни, противотуманный фонарь и фонарь заднего хода). Роль минусового провода в автомобиле всегда выполняет кузов. В случае мультиплексной проводки необходимо лишь два провода: силовой и управляющий. Первый должен иметь необходимое значительное сечение, чтобы его пропускной способности хватило на питание сразу всех лампочек, второй малого сечения – служит для передачи сигнала от одного контроллера к другому. Предположим, водитель нажимает на педаль тормоза и по сигналу датчика об этом сразу же «узнает» центральный компьютер. От него по управляющему проводу идет сигнал к задним фонарям, где установлен ответный контроллер. «Поняв» команду, он направляет напряжение с силового провода на стоп-сигнал. Пусть, продолжая тормозить, водитель включает указатель поворота. Центральный компьютер тут же отправляет сигнал о необходимости активации второй лампочки, и, выполняя команду, подает напряжение с первого провода еще на один потребитель и т. д. Фактически получается, что все лампочки питаются от одного провода, необходимо лишь дать правильную команду.

Связь между собой электронных и электрических компонентов внутри современного автомобиля осуществляется по сети *Controller Area Network (CAN)* – сети, проложенной внутри автомобиля или шины IEEE 1394. В автомобилях Mercedes-Benz E-класса Controller Area Network состоит из двух шин на основе оптического кабеля. Шины носят название

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Domestic Digital Bus (D2B) и имеют пропускную способность около 5,6 Мбит/с каждая, что в 60 раз превышает пропускную способность применявшихся ранее медных кабелей. Domestic Digital Bus позволяет различным цифровым системам: Anti-lock braking system (ABS), Electronic Traction System (DTS), Acceleration Skid Control (ASR), Electronic Stability Program (ESP) и Brake Assist System (BAS) – обмениваться между собой командами и различными данными. Обмен аудиоданными в цифровом формате от телефонов, аудиосистем, систем распознавания и синтеза речи также производится по оптическому кабелю с пропускной способностью до 4,3 Мбит/с. Ведущие мировые производители (BMW, DaimlerChrysler, Ford, Fiat, General Motors, Honda, Mitsubishi, Nissan, PSA/Peugeot – Citroen, Renault, Toyota и Volkswagen) объединились в организацию под названием AMIC (Automotive Multimedia Interface Consortium) с целью разработки единых программных и аппаратных интерфейсов автомобильной электроники. Для принятия стандарта в качестве вариантов рассматривались интерфейсы IDB-C (Intelligent transportation systems Data Bus-CAN), MOST (Media Oriented Systems Transport), а также разные версии IEEE 1394.

7.7.1 Мультиплексные системы. Современные легковые и грузовые автомобили имею сложную электропроводку. Так, в автомобиле может быть более 1200 отдельных проводов. Например, жгут, идущий к двери водителя, содержит 50 проводов; жгут, подходящий к приборному щитку – около 100 проводов. Согласно данным [103] по стоимости автомобильный жгут проводов занимает четвертое место после стоимости кузова, двигателя и трансмиссии.

В этой связи, с целью увеличения надежности и снижения стоимости электронных компонентов, наблюдается тенденция к снижению размеров и веса автомобильного жгута проводов, а также применению прогрессивных технологических решений в сфере систем передачи информации.

Растет число систем автомобиля, имеющих так называемое автотронное управление [102, 103]. Сюда входит автотронное управление двигателем и коробкой передач; автотронные антиблокировочные системы активная подвеска и т. д. Эти системы в той или иной мере связаны друг с другом. Выходные сигналы некоторых датчиков могут использоваться несколькими электронными системами. Можно использовать один компьютер для управления всеми автомобильными системами. Однако такое решение считается экономически нецелесообразным. Используется другое, перспективное техническое решение, когда контроллеры отдельных электронных блоков управления (ЭБУ) связываются друг с другом коммуникационной шиной для обмена данными. Датчики и исполните-

Электронная библиотека Сибирского университета

льные механизмы, подключенные к этой шине через специальные согласующие устройства, становятся доступными для всех ЭБУ. Это есть автомобильная *локальная вычислительная сеть* (ЛВС).

Термин «мультиплексный» широко используется в автомобильной промышленности. Обычно его относят к последовательным каналам передачи данных между различными электронными устройствами автомобиля. Несколько проводов, по которым передаются управляющие сигналы, заменяются шиной для обмена данными. Таким образом, одной из причин разработки мультиплексных систем является уменьшение количества проводов в электропроводке автомобиля. Другая причина – необходимость объединения в ЛВС контроллеров различных ЭБУ для эффективной работы и диагностики.

На рисунке 7.25 показана традиционная схема электропроводки и мультиплексная система.

Мультиплексные системы значительно отличаются от обычных. Эти различия видны на рисунке 7.25.

1 В обычных системах электропроводки информация и питание передаются по одним и тем же проводам. В мультиплексных системах сигналы и электропитание разделены.

2 В мультиплексных системах управляющие ключи непосредственно не включают и не выключают электропитание нагрузок.

3 В некоторых случаях электронная схема узла должна постоянно считывать состояние управляющего ключа, даже когда большая часть электрооборудования обесточена. Например, положение ключа центрального замка дверей должно определяться и при парковке, когда многие системы выключены из соображений энергосбережения.

По схеме на рисунке 7.25 может быть реализовано электропитание корпусных потребителей: освещение, стеклоподъемники, омыватели и т. д. Электропроводка упрощается за счет приема и передачи различных сигналов между узлами по одной и той же шине (проводу). При обычной схеме проводки для реализации каждой функции требуется отдельный проводник. Через узлы осуществляется доступ к сети. Узел, как правило, содержит микропроцессор, подключенный к коммутационной шине, и электронные цепи, управляющие работой датчиков и исполнительных механизмов, подключенных к узлу. Коммуникационная шина на современном автомобиле чаще всего представляет собой витую пару проводов, хотя возможны и другие варианты (см. п. 7.7.2.2).

На рисунке 7.26 в общем виде показана мультиплексная система. К входам узлов могут подключаться любые датчики, к выходам исполнительные устройства. Примеры входной информации: температура, ток, напряжение, положение переключателей и т. д. Примеры исполнительных устройств и механизмов: дисплеи, электроклапаны, электро-

ситета

двигатели и т. п.

SAE (Society of Automotive Engineers – международное общество автомобильных инженеров) делит мультиплексные автомобильные системы на три класса.

1 Класс *A*. Мультиплексные системы, в которых автомобильная электропроводка упрощается за счет использования коммуникационной шины. По этой шине между узлами передаются сигналы, которые проходят по раздельным проводам в автомобиле с обычной электропроводкой. Узлы, являющиеся частью мультиплексной системы, при обычной электропроводке отсутствуют.

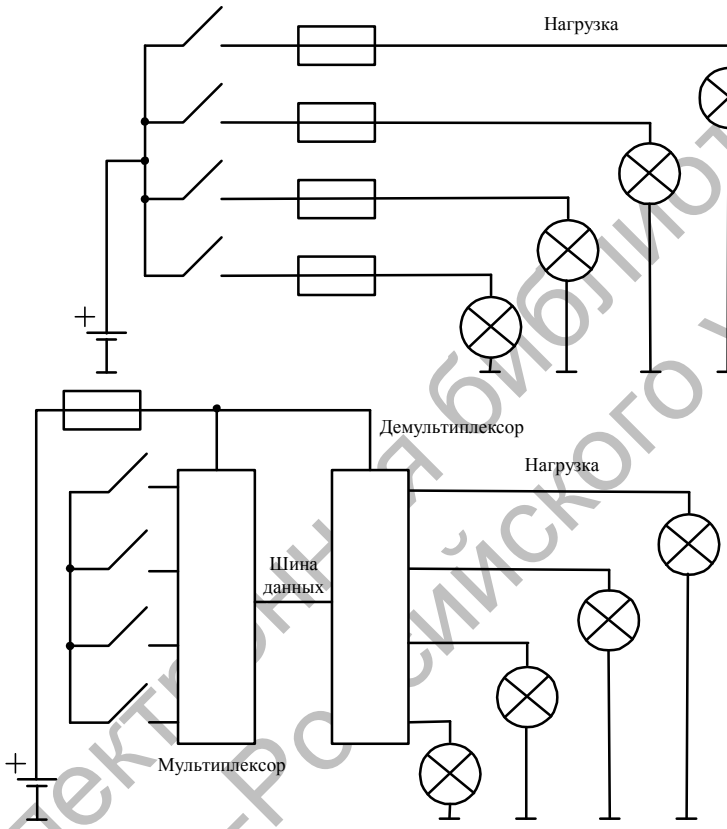


Рисунок 7.25 – Обычное и мультиплексное подключение данных

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

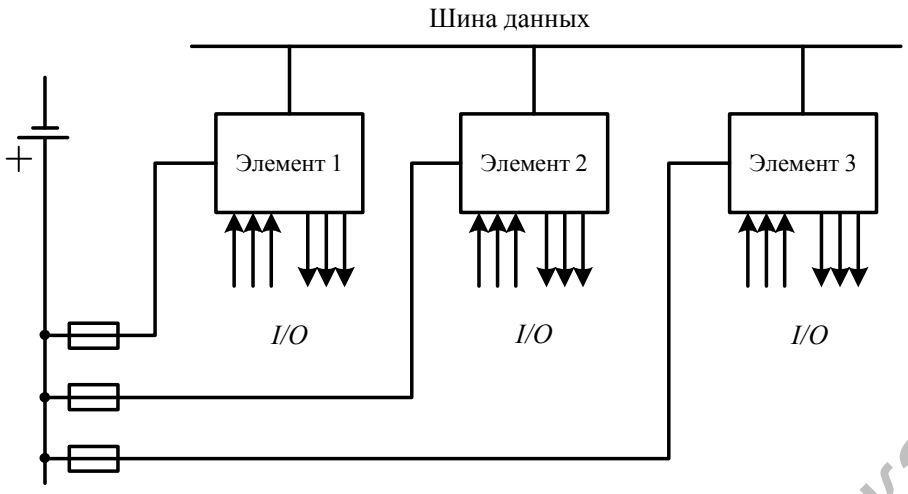


Рисунок 7.26 – Структура мультиплексной системы

2 Класс *B*. В мультиплексной системе между узлами передаются информационные данные (обычно значения параметров), чем достигается устранение избыточности датчиков и иных элементов по сравнению с обычной схемой электропроводки. В этом случае узлы существуют и в обычной системе, в виде несвязанных элементов.

3. Класс *C*. Мультиплексная система с высокой скоростью обмена данными, осуществляющая управление в реальном времени, например, двигателем, антиблокировочной системой и т. д.

Системы класса *A* используются для включения / выключения различных нагрузок (например, для управления элементами двери салона), скорость передачи по шине не более 10 Кбит/с.

В системах класса *B* осуществляется обмен информацией между подсистемами, когда требуется скорость передачи данных 100...250 Кбит/с. В настоящее время системы класса *B* используются на автомобиле чаще других. Обмен данными в системах класса *B* соответствует требованиям стандарта J1850 (10...40 Кбит/с, США, Япония) или протоколу VAN (vehicle area network – автомобильная локальная сеть), 125 кбит/с, поддерживаемому французскими фирмами Renault и Peugeot. Задачи систем класса *B* можно решить, применив шину CAN (controller area network – локальная сеть контроллеров), но пока это не всегда экономически нецелесообразно.

В системах класса *C* осуществляется распределенное управление в реальном масштабе времени, скорость обмена данными около 1 Мбит/с. Шина CAN является стандартом для мультиплексных систем класса *C*. Поддерживают CAN крупнейшие производители автомобильного электронного оборудования (Bosch, Delco) и комплектующих (Intel, Motorola).

7.7.2 Общие сведения о протоколах низкого уровня.

7.7.2.1 Протоколы компьютерных сетей. Разработаны общие рекомендации для построения стандартов совместимых сетевых программных продуктов. Эти рекомендации реализуются как в аппаратуре, так и в программных средствах вычислительных сетей. Имеется эталонная модель архитектуры открытых систем, т.е. систем, взаимодействующих с другими системами на основе принятых стандартов. Эталонная модель архитектуры открытых систем включает семь уровней: 1 – физический, 2 – канальный, 3 – сетевой, 4 – транспортный, 5 – сеансовый, 6 – представительный, 7 – прикладной. Модель рассматривает общие функции, а не специальные решения, поэтому не все реальные сети абсолютно точно ей соответствуют.

При обмене информацией в компьютерной сети каждый уровень модели взаимодействия открытых систем (ВОС) реагирует на свой заголовок, т. е. происходит взаимодействие между одноименными уровнями модели в различных абонентских ЭВМ [103]. Такое взаимодействие должно выполняться по определенным правилам – *протоколам*. Протокол не является программой. Правила и последовательность выполнения действий при обмене информацией, определенные протоколом, должны быть реализованы в определенной программе. Обычно функции протоколов различных уровней реализуются в драйверах для различных вычислительных сетей [151].

В соответствии с семиуровневой структурой модели ВОС существуют протоколы для каждого уровня. Концепция открытых систем предусматривает разработку стандартов для протоколов различных уровней. Легче всего поддаются стандартизации протоколы трех нижних уровней модели архитектуры открытых систем, так как они определяют действия и процедуры, характерные для вычислительных сетей любого класса. Труднее всего стандартизовать протоколы верхних уровней, особенно прикладного, из-за множественности прикладных задач и в ряде случаев их уникальности. Если по типам структур, методам доступа к физической передающей среде, используемым сетевым технологиям и некоторым другим особенностям можно насчитать примерно десяток различных моделей вычислительных сетей, то по их функциональному назначению пределов не существует.

Проще всего представить особенности сетевых протоколов на примере протоколов канального уровня, которые делятся на две основные группы: байт-ориентированные и бит-ориентированные.

Байт-ориентированный протокол обеспечивает передачу сообщения по информационному каналу в виде последовательности байтов. Кроме информационных байтов в канал перелаются также управляющие и служебные байты. Такой тип протокола удобен для ЭВМ, так как она ориентирована на обработку данных, представленных в виде двоичных байтов. Для коммуникационной среды байт-ориентированный протокол

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

менее удобен, так как разделение информационного потока в канале на байты требует использования дополнительных сигналов, что, в конечном счете, снижает пропускную способность канала связи.

Бит-ориентированный протокол предусматривает передачу информации в виде потока битов, не разделяемых на байты. Поэтому для разделения кадров используются специальные последовательности – флаги. В начале кадра славится флаг открывающий, а в конце – флаг закрывающий. Бит-ориентированный протокол удобен относительно коммуникационной среды, гак как капал связи как раз и ориентирован на передачу последовательности битов. Для ЭВМ он не очень удобен, потому что из поступающей последовательности битов приходится выделять байты для последующей обработки сообщения. Впрочем, учитывая быстродействие ЭВМ, можно считать, что эта операция не окажет существенного влияния на ее производительность.

7.7.2.2 Физическая передающая среда в ЛВС. Физическая среда обеспечивает перенос информации между абонентами вычислительной сети. Физическая передающая среда в ЛВС может быть представлена следующими типами кабелей: одиночный провод, витая пара проводов, коаксиальный кабель, оптоволоконный кабель.

Однопроводные соединения используются в автомобильных мультиплексных системах со скоростью передачи информации ниже 10 Кбит/с. Помехозащищенность низкая.

Витая пара состоит из двух изолированных проводов, свитых между собой (рисунок 7.29). Скручивание проволок уменьшает влияние внешних электромагнитных полей на передаваемые сигналы. Самый простой вариант витой пары – телефонный кабель. Витые пары имеют различные характеристики, определяемые размерами, изоляцией и шагом скручивания. Невысокая стоимость этого вида передающей среды делает ее достаточно популярной для ЛВС. Основной недостаток витой пары – плохая помехозащищенность и низкая скорость передачи информации не более 1 Мбит/с. Технологические усовершенствовании позволяют повысить скорость передачи и помехозащищенность (экранированная витая пара), но при этом возрастает стоимость этого типа передающей среды. В автомобильных сетях витые пары работают при скоростях обмена не выше 500 Кбит/с. Проблемы с электромагнитной совместимостью возникают уже при скорости обмена выше 100 Кбит/с. Однопроводные кабели и витые пары удобно подключать к узлам сети.

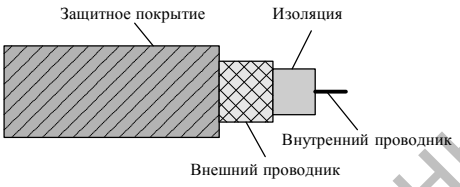
Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 7.27 – Витая пара

Коаксиальный кабель (рисунок 7.28) по сравнению с витой парой обладает более высокой механической прочностью, помехозащищенностью и обеспечивает скорость передачи информации до 50 Мбит/с. Коаксиальный кабель также, как и витая пара, является одним из распространенных типов передающей среды для ЛВС.

На автомобилях экранированные витые пары или коаксиальный кабель работают при скоростях обмена данными не более 10 Мбит/с, имеют хорошую электромагнитную совместимость.

Оптоволоконный кабель – идеальная передающая среда (рисунок 7.29). Он не подвержен действию электромагнитных полей и сам практически не имеет излучения. Последнее свойство позволяет использовать его в сетях, требующих укрытия секретной информации. Скорость передачи информации по оптоволоконному кабелю более 50 Мбит/с. Однако по сравнению с предыдущими типами передающей среды он имеет более высокую стоимость.



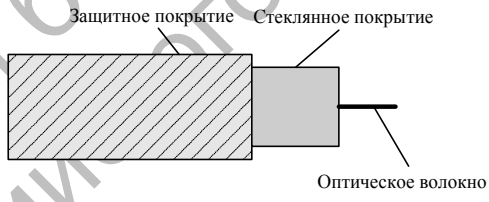


Рисунок 7.28 – Коаксиальный кабель Рис. 7.29 – Оптоволоконный кабель

7.7.2.3 Основные топологии ЛВС. Автомобильные электронные системы и контроллеры, входящие в состав ЛВС, могут быть расположены самым случайным образом на объекте, где создается вычислительная сеть. Для способа обращения к передающей среде и методов управления сетью небезразлично, как расположены абонентские ЭВМ. Поэтому рассматривают топологию ЛВС.

Топология ЛВС – это формализованная геометрическая схема соединений узлов сети. Топологии вычислительных сетей могут быть самыми различными, но для локальных вычислительных сетей типичными являются всего три: кольцевая, шинная, звездообразная. Любую компьютерную сеть можно рассматривать как совокупность узлов. Узел – любое устройство, непосредственно подключенное к передающей среде сети. Топология формализует схему соединений узлов сети. Так, и эллипс, и замкнутая кривая, и замкнутая ломаная линия относятся к кольцевой топологии, а незамкнутая ломаная линия – к шинной.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Кольцевая топология предусматривает соединение узлов сети в замкнутый контур кабелем передающей среды (рисунок 7.30). Выход одного узла сети соединяется со входом другого. Информация по кольцу передается от узла к узлу. Каждый промежуточный узел между передатчиком и приемником ретранслирует посланное сообщение. Принимающий узел распознает и получает только адресованные ему сообщения. Кольцевая топология является идеальной для сетей, занимающих сравнительно небольшое пространство. В ней отсутствует центральный узел, что повышает надежность сети. Ретрансляция информации позволяет использовать в качестве передающей среды любые типы кабелей. Последовательный порядок обслуживания узлов такой сети снижает ее быстродействие, а выход из строя одного из узлов нарушает целостность кольца и требует принятия специальных мер для сохранения тракта передачи информации.

Шинная топология – одна из наиболее простых (рисунок 7.31). Данные от передающего узла сети распространяются по шине в обе стороны. Промежуточные узлы транслируют поступающие сообщения. Информация поступает на все узлы, но принимает сообщение только тот, которому оно адресовано. Порядок обслуживания – параллельный. Это обеспечивает высокое быстродействие ЛВС с шинной топологией.

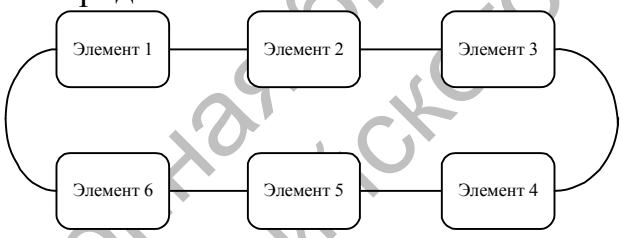


Рисунок 7.30 – Сеть кольцевой топологии

Сеть легко наращивать и конфигурировать, а также адаптировать к различным системам. ЛВС с шинной топологией устойчива к возможным неисправностям отдельных узлов. Такие ЛВС наиболее распространены в настоящее время. Следует отметить, что они имеют малую протяженность и не позволяют использовать различные типы кабеля в пределах одной сети.

Звездообразная топология (рис. 7.32) базируется на концепции центрального узла, к которому подключаются периферийные узлы. Каждый периферийный узел имеет свою отдельную линию связи с центральным узлом. Вся информация передается через центральный узел, который ретранслирует, переключает и маршрутизирует информационные потоки в сети. Звездообразная топология значительно упрощает взаимодействие узлов ЛВС друг с другом, позволяет использовать более простые сетевые адаптеры. В то же время работоспособность ЛВС со

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

звездообразной топологией целиком зависит от центрального узла.

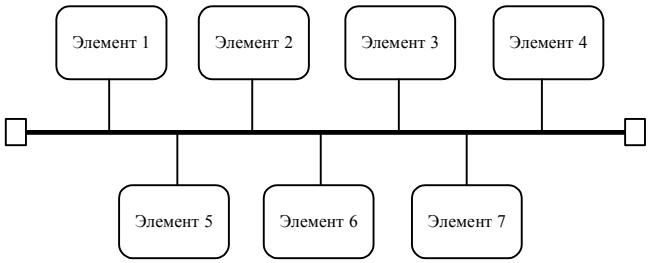


Рисунок 7.31 – Сеть шинной топологии Рис. 7.32 – Сеть звездообразной топологии

В реальных вычислительных сетях могут использоваться более сложные топологии, представляющие в некоторых случаях сочетания рассмотренных.

7.7.2.4 Методы доступа к передающей среде. Передающая среда является общим ресурсом для всех узлов ЛВС. Чтобы получить возможность доступа к этому ресурсу из узла сети, необходимы специальные механизмы – методы доступа. Метод доступа к передающей среде – это метод, обеспечивающий выполнение совокупности правил, по которым узлы сети получают доступ к ресурсу.

Существуют два основных класса методов доступа: детерминированные и недетерминированные. При детерминированных методах доступа передающая среда распределяется между узлами с помощью специального механизма управления, гарантирующего передачу данных узла в течение некоторого, достаточно малого интервала времени. Наиболее распространенными детерминированными методами доступа являются метод опроса и метод передачи права. Метод опроса используется преимущественно в сетях звездообразной топологии. Метод передачи права применяется в сетях с кольцевой топологией. Он основан на передаче по сети специального сообщения – маркера. Маркер – это служебное сообщение определенного формата, в которое абоненты сети могут помещать свои информационные пакеты. Маркер циркулирует по кольцу, и любой узел, имеющий данные для передачи помещает их в свободный маркер, устанавливает признак занятости маркера и передает его по кольцу. Узел, которому было адресовано сообщение, принимает его, устанавливает признак подтверждения приема информации и отправляет маркер в кольцо. Передающий узел, получив подтверждение, освобождает маркер и отправляет его в сеть. Существуют методы доступа, использующие несколько маркеров. Недетерминированные – случайные методы доступа предусматривают конкуренцию всех узлов сети за право передачи. Возможны одновременные попытки передачи со стороны нескольких

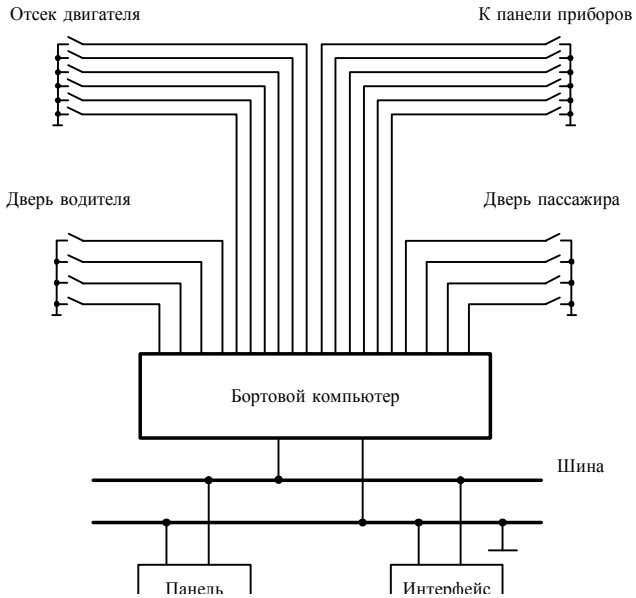
Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

узлов, в результате чего возникают коллизии. Наиболее распространенным недетерминированным методом доступа является множественный метод доступа с контролем несущей частоты и обнаружением коллизий (CSMA/CD). Контроль несущей частоты заключается в том, что узел, желающий передать сообщение, «прослушивает» передающую среду, ожидая ее освобождения. Если среда свободна, узел начинает передачу.

7.7.2.5 Примеры автомобильных мультиплексных систем. SAE определены три различных класса протоколов: класса *A*, класса *B* и класса *C*. Протокол класса *A* – самый медленный из трех; он может обеспечивать скорость 10 Кбайт/с. В стандарте ISO9141 используется протокол класса *A*. Протокол класса *B* в 10 раз быстрее; он поддерживает обмен сообщениями со скоростью 100 Кбайт/с. Стандарт SAE J1850 соответствует протоколу класса *B*. Протокол класса *C* обеспечивает скорость 1 Мбайт/с. Наиболее широко используемый стандарт класса *C* для автомобилей – это протокол CAN. Ожидается появление протоколов с большей производительностью – от 1 до 10 Мбайт/с. С ростом потребностей в увеличении полосы пропускания и производительности может появиться класс *D*. При работе в сети с протоколами класса *C* (в будущем – с протоколами класса *D*) предполагается использование оптического волокна.

Класс *A*. Системы класса *A* применяются в основном для упрощения и удешевления электрических соединений между устройствами корпусной электроники. По данному протоколу выполняются, к примеру, противоугонные системы [103]. Такая противоугонная система приводится в дежурный режим некоторым контактом, а выключается – контактами замков дверей пассажира или водителя или багажника. В рабочем состоянии система включает сигнализацию при срабатывании одного из шести контактов. Датчики и исполнительные механизмы в этом варианте подключены непосредственно к блоку управления через мультиплексоры одним проводом.

Класс *B*. На рисунке 7.33 показан фрагмент типовой информационной системы водителя (ИСВ). Здесь сигналы с датчиков поступают на бортовой компьютер, к шине данных которого подключена комбинация приборов. В упрощенном варианте ИСВ число проводов в жгуте не слишком велико, что оправдывает данную схему соединений. Однако, по мере усложнения электронного оборудования автомобиля и



Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

увеличения числа функций информационной системы, количество соединительных проводов резко возрастает, усложняется диагностика неисправностей. Возможным решением в таком случае является введение нескольких узлов, соединенных с шиной класса *B*, к которым подключаются соответствующие датчики. При этом стараются уменьшить размеры жгутов, проходящих через узкие места типа «дверца – корпус». К стоимости проводки добавляется стоимость узлов. Узел моторного отсека интегрируют с ЭБУ двигателя, куда подключается часть датчиков. Это удешевляет и упрощает систему. Узел двери лучше располагать в двери, тогда жгут через промежуток упрощается, желательна также интеграция электронных и механических устройств в двери.

Рисунок 7.33 – Схема информационной системы водителя

По мере значительного усложнения бортовой автомобильной электроники мультиплексные системы, выполненные по классам *A* и *B*, становятся неоптимальными. Лучшим техническим решением является использование гибридной локальной сети, где датчики и исполнительные механизмы через канал класса *A* подключены к бортовому компьютеру, а приборная панель и интерфейс компьютера (дисплей и органы управления) подключены к компьютеру через канал класса *B*, мультиплексоры интегрированы в датчики и исполнительные механизмы. Обмен данными проводится по одному проводу, дополнительных узлов нет, улучшена диагностика за счет введения в компоненты электроники. Такая конфигурация системы позволяет вводить дополнительные датчики и исполнительные устройства. Теперь к бортовому компьютеру на один исполнительный механизм можно подключать 7–14 датчиков.

Класс *C*. Все большую популярность завоевывает протокол CAN, с применением которого мультиплексные системы класса *C* могут реализовываться в следующих формах:

1 Через одну и ту же сеть класса *C* производится обмен данными как для приложений, работающих в реальном времени (управление двигателем, коробкой передач, подвеской), так и для приложений, обслуживающих бортовой компьютер, контроль климата салона, приборную панель. Скорость обмена до 1 Мбит/с, линия связи — коаксиальный или оптический кабель.

2 Гибридная сеть класса *B* и *C*. Производится обмен данными между узлами скоростной сети класса *C* и относительно медленной сети класса B. Шлюзом обычно бывает контроллер двигателя.

3 Интеграция функций управления в реальном времени в наименьшее число модулей. Например, ЭБУ двигателя может управлять еще и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

трансмиссией. При такой архитектуре необходимость в дорогостоящих сетях класса *C* сводится к минимуму.

7.7.2.6 Управление сетью (диспетчеризация). Назначение диспетчеризации сети – поддерживать ее нормальное функционирование в штатном режиме. При этом должны производиться обработка ошибок, контроль конфигурации и правильности ее работы, ограничение доступа и обеспечение сохранности информации в сети. Для автомобильных систем наиболее важными являются обработка ошибок и контроль конфигурации.

От правильности реализации диспетчерских функций зависит способность сети противостоять отказам. Диспетчеризация осуществляется на локальном и сетевом уровнях.

Локальная диспетчеризация осуществляется на уровне узлов. Производится конфигурирование и инициализация узлов, управление уровнями на уровне узла, обнаружение неисправностей и ошибок. Для локального диспетчера нет необходимости посылать какие-либо сообщения по сети. При включении узла локальный диспетчер конфигурирует канальный уровень, например, в микросхеме CAN. После обнаружения неисправности диспетчер пытается перезапустить и реконфигурировать канальный уровень. Перезапуск производится по различным алгоритмам (рисунок 7.34).

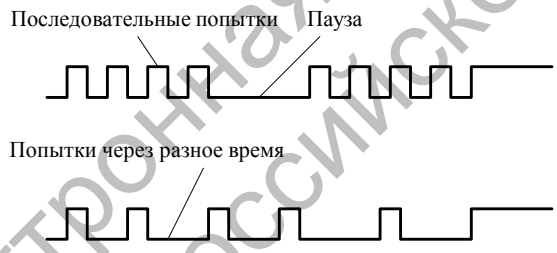


Рисунок 7.34 – Алгоритмы перезапуска шины CAN

Диспетчеризация на сетевом уровне обеспечивает: определение и контроль конфигурации сети; включение сети; переход от неактивного к активному режиму и обратно.

Диспетчеризация производится централизованно или децентрализовано. При централизованном подходе один узел выполняет функции диспетчера сети. Для повышения надежности системы должен быть предусмотрен механизм передачи диспетчерских функций другому узлу при отказе первого. При централизованном подходе требуется меньше ресурсов, чем при децентрализованном. При децентрализованном подходе каждый узел снабжен набором диспетчерских функций. Узлы постоянно обмениваются специализированной диспетчерской информацией. Сеть

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

оказывается способной продолжать работу, с меньшими возможностями, даже при отказе нескольких узлов.

Конфигурация сети может изменяться в зависимости от нужд конкретного приложения. В этом случае узлы выполняют разные задачи в зависимости от конфигурации сети. Имеются концепции, когда программное обеспечение для элементов мультиплексной системы с указанием конфигурации загружается с одного из узлов при инициализации сети. Полагают, что это путь к сокращению числа типов ЭБУ.

При выходе из строя одного из узлов теряется информация, поступающая с него. Приложение должно сгенерировать утраченные данные самостоятельно, используя аварийные значения.

7.7.2.7 Протоколы низкого уровня (шинные). Эти протоколы относятся к двум нижним уровням модели ВОС: канальному и физическому (рисунок 7.35).

На канальном уровне определяются функции, необходимые для надежной и эффективной передачи данных между узлами одной и той же сети. Это адресация, организация кадров, обнаружение ошибок во время обмена данными в сети.

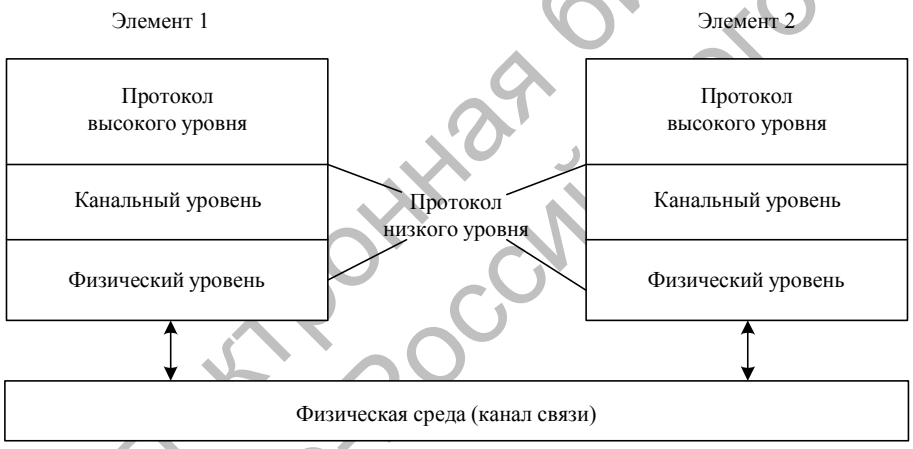


Рис. 7.37 – Структура протокола нижнего уровня

На физическом уровне определяют электрические, механические и прочие физические характеристики интерфейса для подключения узла в сети. Рассматриваются вопросы спецификации шинных соединителей, сетевых адаптеров, кодирования, синхронизации и т. д.

Различные приложения предъявляют разные требования на физическом уровне, при этом основными параметрами при проектировании являются: скорость и расстояние передачи данных по шине; надежность; электромагнитная совместимость; соответствие стандартам и

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

рекомендуемой практике, шинная топология.

Канал связи (электрические провода или оптические кабели) находится ниже физического уровня и в модель ВОС не входит (см. рисунок 7.35).

Примерами протоколов низкого уровня, разработанных специально для автомобильной промышленности, являются: CAN (controller area network – Bosch, Intel), VAN (vehicle area network – Renault, Peugeot), VNP (vehicle network protocol – Ford). В локальных сетях персональных компьютеров часто применяется протокол Ethernet, который в автомобильных системах не используется.

При рассмотрении протоколов низкого уровня канальный и физический уровни модели ВОС дополнительно разделяются на подуровни, что позволяет рассматривать происходящие процессы подробнее (рисунок 7.36).

7.7.2.8 Канал связи. Канал связи физически соединяет узлы, участвующие в обмене данными при передаче сигналов электрическим, оптическим или иным методом. Реализация каналов связи в порядке возрастания их стоимости: одиночный провод; два провода; витая пара; экранированная витая пара; коаксиальный; оптический кабель; инфракрасное излучение; радиоканал.

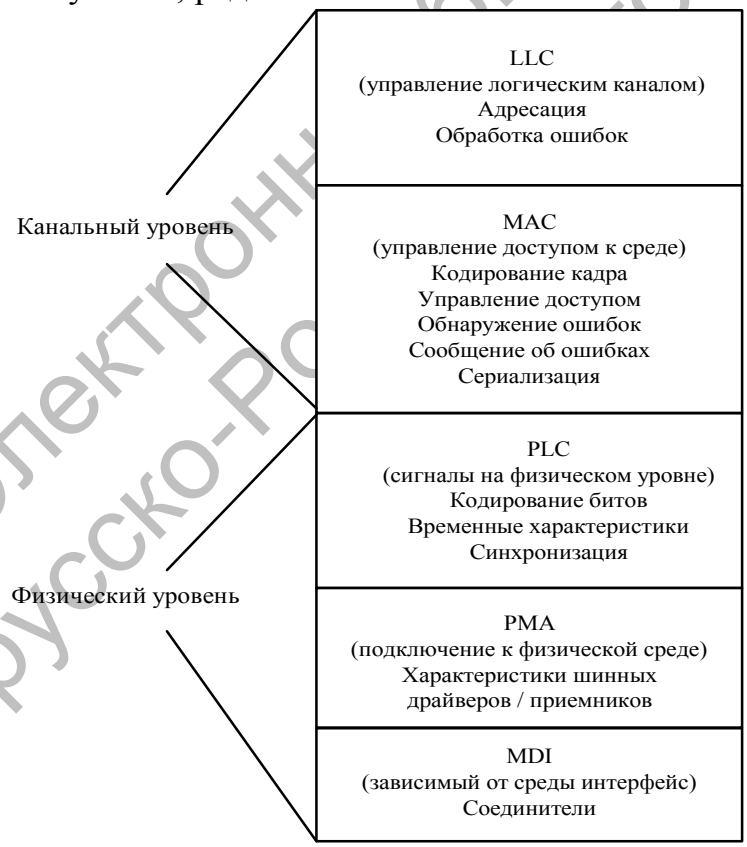


Рисунок 7.36 – Подробное представление протоколов нижних уровней

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

7.7.2.9 Сигналы на физическом уровне (подуровень PLS). На подуровне PLS рассматриваются вопросы представления битов, синхронизации, двоичное кодирование.

Когда компьютеры и терминалы разделены большими расстояниями, экономически выгоднее ввести временную настройку самого сигнала, вместо того чтобы использовать отдельный канал синхронизации. Применяется так называемый самосинхронизирующий код. При использовании кодов, не являющихся самосинхронизирующими, возникает проблема, состоящая в том, что синхросигнал и данные могут быть изменены, когда распространяются по отдельным каналам. Синхросигнал ускоряется или замедляется относительно информационного сигнала; это означает, что у приемника возникают трудности с настройкой на прием информационного сигнала, его захватом. При использовании самосинхронизирующего кода принимающее устройство может периодически проверять себя, чтобы убедиться в том, что оно опрашивает линию точно в тот самый момент, когда некоторый бит поступает в приемник. Это требует (в идеальных условиях), чтобы линия очень часто меняла свое состояние.

Самые лучшие синхронизирующие коды – это те, при использовании которых состояние линии часто меняется, поскольку эти изменения состояния (например, перепад напряжения) позволяют приемнику продолжать настраиваться на сигнал.

Идея заключается в том, чтобы иметь код с регулярными и частыми изменениями (переходами) уровней сигнала в канале. Переходы осуществляют разделение двоичных элементов данных (единиц и нулей) в приемнике, и логические схемы постоянно отслеживают изменения состояния для того, чтобы выделять единицы и нули из потока битов для целей настройки. Стробирование обычно производится приёмником с более высокой скоростью, чем скорость изменения данных, для того чтобы более точно определить элементы данных.

На рисунке 7.37 показаны способы представления битов в системах кодирования применяемых в мультиплексных сетях. Здесь T – время для представления одного бита. Заметим, что реальные сигналы не являются такими прямоугольными, с крутыми фронтами, как показано на рисунке 7.37.

Для кода без возвращения к нулю (NRZ-код) уровень сигнала остается постоянным для каждой последовательности одноименных битов. В этом случае уровень сигнала остается низким для бита 0 и возрастает до некоторого высокого уровня напряжения для бита 1 (во многих устройствах для 0 и 1 используются противоположные по полярности значения напряжения). Код NRZ широко используется для передачи

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

данных вследствие своей относительной простоты и низкой стоимости. NRZ-код обеспечивает очень эффективное использование полосы частот, поскольку он может представлять бит для каждого бода (изменения сигнала). Однако его недостатком является отсутствие способности самосинхронизации, поскольку длинные серии идущих подряд единиц и нулей не приводят к изменениям состояния сигнала в канале. Вследствие этого может произойти рассогласование (дрейф) таймера приемника по отношению к поступающему сигналу и несвоевременный опрос линии, передатчик и приемник могут фактически утратить взаимную синхронизацию. NRZ-код может быть полярным и биполярным в зависимости от конкретной реализации.

Код с возвращением к нулю (RZ-код) предусматривает, что в представлении каждого бита сигнал меняется, по меньшей мере, один раз. Поскольку RZ-коды обеспечивают изменение состояния для каждого бита, эти коды обладают очень хорошими свойствами синхронизации. Основной недостаток RZ-кода состоит в том, что он требует двух переходов (изменений) сигнала для каждого бита. Следовательно, RZ-код потребует вдвое большей скорости (в бодах) по сравнению с обычным кодом. В качестве примера RZ-кодов на рисунке 7.37 показаны манчестерский код и широтно-импульсная модуляция.

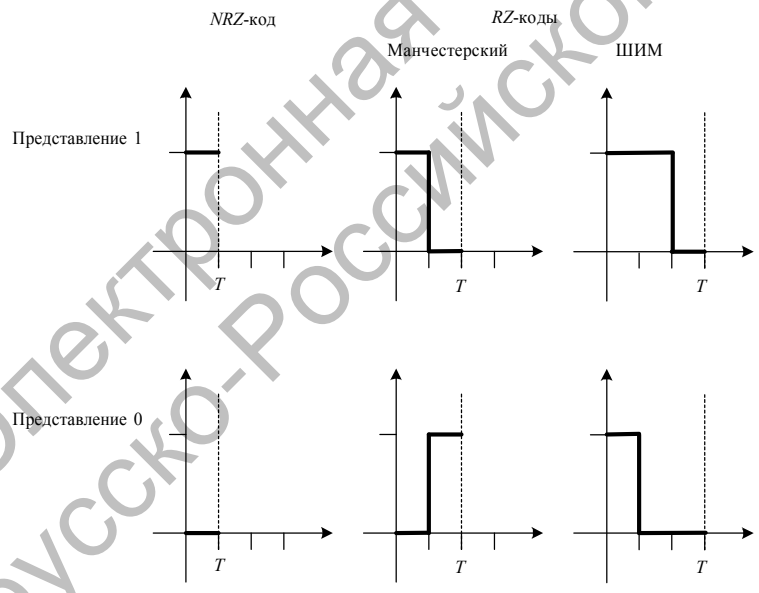


Рисунок 7.37 – Примеры кодирования бита

В автомобильной мультиплексной шине CAN используется NRZ-код.

7.7.3 Протокол CAN для автомобильных систем. CAN – последовательный протокол связи, который эффективно поддерживает распреде-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

ленное управление в реальном масштабе времени с высоким уровнем безопасности. Широко используется его разновидность CAN 2.0 B.

Основное назначение: организация передачи информации в сложных условиях, к которым относятся среды с высоким уровнем различного рода помех. Этот протокол передачи применяется как высокоскоростных сетях, так и недорогих мультиплексных шинах. Широкое применение этот протокол нашел в автомобильной электронике, машинных устройствах управления, устройствах управления и диагностирования, датчиках при передаче информации со скоростями до 1 Мбит/с.

Протокол CAN разработан фирмой Robert Bosch GmbH для применения на АТС [159]. Протокол соответствует международным стандартам ISO11898 и ISO11519. Он используется на современных легковых и грузовых автомобилях, сельскохозяйственном транспорте, для автоматизации промышленного производства.

CAN-протокол получил всемирное признание из-за своей универсальности, эффективности и надежности, имея экономически приемлемую платформу для связи данных в передвижных объектах и машинах. Основанная на базе протоколов высокого уровня CAN-технология успешно конкурирует на рынке распределенных систем автоматизации. Под терминами «CAN- стандарт» или «CAN-протокол» понимаются функциональные возможности, которые стандартизированы в ISO 11898. Этот стандарт объединяет физический уровень (Physical Layer) и уровень канала данных (Data Link Layer) в соответствии с 7-уровневой OSI моделью. Таким образом, «CAN-стандарт» соответствует уровню сетевого интерфейса в 4-уровневой модели TCP/IP. Однако для практической реализации распределенных систем на основе CAN показывает, помимо предоставляемых сервисов уровня канала данных, требуются более широкие функциональные возможности: передача блоков данных длиной более чем 8 байтов, подтверждение пересылки данных, распределение идентификаторов, запуск сети и др. Так как эти дополнительные функциональные возможности непосредственно используются прикладным процессом, вводится понятие уровня приложений (Application Layer) и протоколов высокого уровня. Обычно их и называют термином «CAN-протоколы». Протокол CAN применяется в real-time системах для решения различных задач.

Протокол CAN разделяют на следующие уровни: объектный уровень; канальный уровень; физический уровень (рисунок 7.38).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

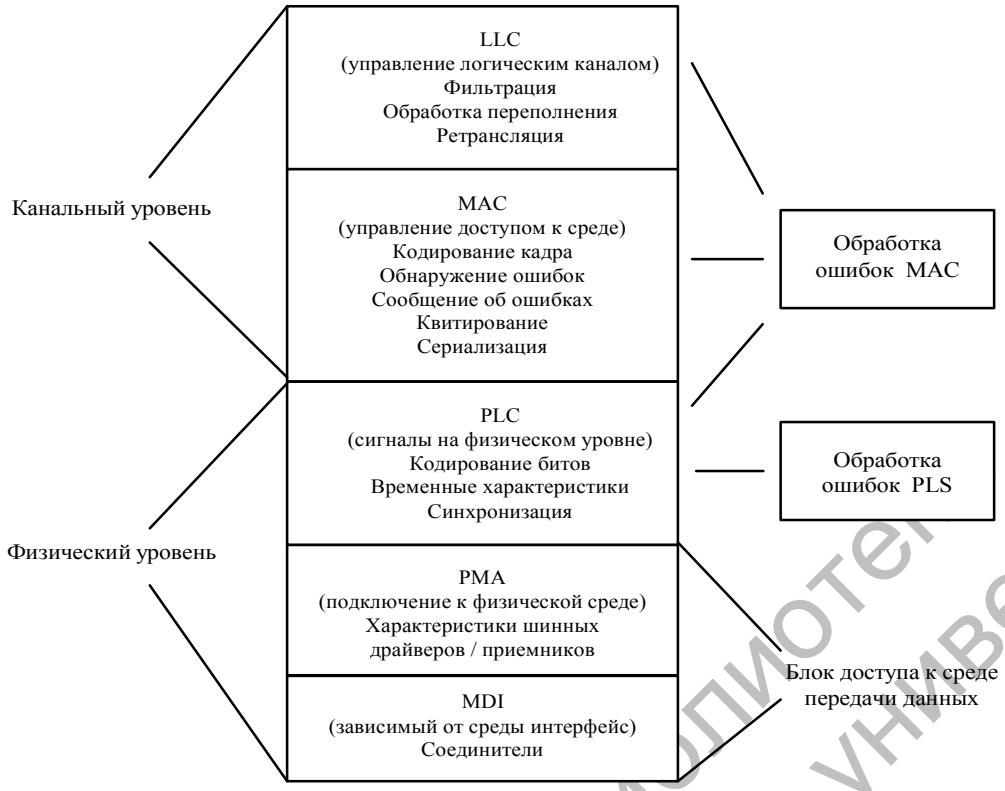


Рисунок 7.38 – Уровневая структура CAN (объектный уровень не показан)

Объектный и канальный уровни включают весь сервис и функции передачи данных определяемых ISO/OSI моделью. Область объектного уровня включает: поиск сообщений для передачи; фильтрацию сообщений, полученных от канального уровня; обеспечение связи между прикладным уровнем и аппаратными средствами. Объектный уровень реализуется различными способами. Область канального уровня главным образом – протокол передачи, т. е. управление кадрами, выполнение арбитража, проверка и сигнализация ошибок, типизация ошибок. Внутри канального уровня решается, является ли шина свободной для начала новой передачи. Область физического уровня – фактическая передача бит между различными узлами. Внутри одной сети физический уровень должен быть одинаков для всех узлов. Физический уровень можно реализовать различными способами. Физический уровень определяет, как сигналы фактически передаются, описывая битовую синхронизацию с кодированием битов. Внутри этой спецификации характеристики передатчика / приемника физического уровня не определены, чтобы позволить среде передачи и реализации уровня сигнала быть оптимизированными для конкретных систем.

MAC-подуровень представляет собой ядро протокола CAN. Он

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

передает сообщения, полученные от LLC-подуровня, и принимает сообщения, которые будут переданы к LLC-подуровню. MAC-подуровень ответственен за арбитраж, подтверждение, обнаружение ошибок и их сигнализацию. LLC-подуровень имеет отношение к фильтрации сообщений, уведомлению о перегрузке и управлению восстановлением.

Протокол CAN поддерживает метод доступа CSMA/CD-A к сети с равноранговыми узлами. Пакет данных имеет размер не более 8 байт и передается по последовательной шине. 15-битовый циклический контроль избыточности обеспечивает высокий уровень целостности данных.

Используемый в настоящее время протокол CAN версии v2.0 состоит из двух частей: версия v2.0A со стандартным форматом кадра и v2.0B с расширенным форматом кадра. Версия v2.0A идентична предыдущей версии v1.2 и использует 11-битовое поле идентификатора. В версии v2.0B поле идентификатора – 29 бит. Расширенный формат кадра необходим для совместимости с существующим коммуникационным протоколом Л 850. Функции протокола CAN реализуются в микропроцессоре со встроенным контроллером CAN. Первыми на рынке появились контроллеры CAN с внешними драйверами для шины. В настоящее время производятся несколько типов CAN-контроллеров, которые можно разделить на три группы в зависимости от поддержки ими расширенного формата кадра: контроллеры v2.0A, v2.0B (пассивные) и v 2.0B (активные) [102].

Контроллеры CAN бывают полные или базовые в зависимости от организации буферизации данных. Полный CAN-контроллер имеет несколько (обычно 14) специализированных буферов для временного хранения сообщений. При инициализации CAN-контроллера можно сконфигурировать его, указав, в какой буфер будет поступать тот или иной кадр. В стандартах Международной организации стандартизации для протоколов CAN ISO 11898 (высокая скорость обмена) и ISO 11519 (низкая скорость обмена) регламентируется уровневая структура в соответствии со стандартами LAN (локальные сети) ISO8802–2 и 8802–3. Протокол CAN относится к двум нижним уровням модели ВОС, как показано на рисунке 7.38.

На физическом уровне определяются электрические характеристики соединителей, шинных адаптеров, двоичное кодирование, синхронизация. Физический уровень разделен на три подуровня: MDI – подуровень интерфейса, зависимого от физического носителя (передающая среда); PMA – подуровень подсоединения к физической среде; PLS – сигналы на физическом уровне. На канальном уровне определяется формат кадра, обнаружение и передача ошибок во время трансляции, автоматическая ретрансляция данных, фильтрация. Канальный уровень разделен на два подуровня: MAC – управление доступом к среде; LLC – управление логическим каналом.Физический уровень контролируется функцией супервизора «контроль шины», например, выявляются короткие

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

замыкания или обрывы на линии. Канальный уровень контролируется функцией супервизора «ограничение распространения последствий неисправности», например, различаются кратковременные сбои и долговременные неисправности.

7.7.3.1 Основные характеристики CAN-протокола:

– каждое сообщение имеет определенный приоритет:
- существуют гарантированные времена ожидания;
- гибкость конфигурации;
- групповой приём с временной синхронизацией
- система непротиворечивости данных
- мультмастер
- обнаружение и сигнализация ошибок
- автоматическая ретрансляция разрушенных сообщений
- различие между временными ошибками и постоянными отказами узлов и автономное отключение дефектных узлов

Сообщения. Информация по шине посылается в фиксированном формате сообщений различной, но фиксированной длины. Когда шина свободна, любой узел может начать передачу нового сообщения.

Информационная маршрутизация. В CAN нет никакой информации относительно конфигурации сети (например, адреса узла). Это имеет несколько важных следствий:

Гибкость системы:

Узел может быть добавлен в CAN-сеть без каких либо изменений в программном или аппаратном обеспечении какого- либо узла в сети.

Маршрутизация сообщений:

Содержание сообщения определяется идентификатором. Идентификатор не указывает адреса сообщения, а описывает значение данных так, чтобы все узлы сети были способны решить фильтрацией сообщений, нужны им эти данные или нет.

Передача группе:

Как следует из фильтрации сообщений, любое число узлов может одновременно получать и реагировать на одно и тоже сообщение.

Непротиворечивость данных:

Внутри сети CAN гарантировано, что сообщение принято всеми узлами или ни одним узлом.

Скорость передачи информации. Скорость передачи информации в CAN-сети может быть различной для каждой сети. Однако в каждой конкретной сети скорость передачи информации фиксирована.

Приоритеты. Идентификатор и RTR-бит определяют

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

статический приоритет сообщения в течение доступа к шине.

Удаленный запрос данных. Посылая кадр удаленного запроса данных, узел может потребовать данные от другого узла. Кадр данных и кадр удаленного запроса данных должны иметь одинаковый идентификатор.

Мультмастер. Когда шина свободна, любой узел может начать передачу сообщения. Доступ к шине получает узел, передающий кадр с наивысшим приоритетом.

Арбитраж. Когда шина свободна, любой узел может начать передачу сообщения. Если два или больше узла начинают передавать сообщения в одно и тоже время, конфликт при доступе к шине будет решен поразрядным арбитражем используя идентификатор и RTR-бит. Механизм арбитража гарантирует, что ни время, ни информация не будут потеряны. Если кадр данных и кадр удаленного запроса данных начинают передаваться в одно время, то кадр данных имеет более высокий приоритет, чем кадр удаленного запроса данных. В течение арбитража каждый передатчик сравнивает уровень переданного бита с уровнем, считываемым с шины. Если эти уровни одинаковы, узел может продолжать посылать данные дальше. Если был послан уровень лог. «1» (recessive), а с шины считан уровень лог. «0» (dominant), то узел теряет право дальнейшей передачи данных и должен прекратить посылку данных на шину.

Безопасность. Чтобы достичь высокой безопасности передачи данных, приняты мощные меры нахождения ошибок, сигнализации ошибок и самотестирование в каждом CAN-узле.

Обнаружение ошибок. Для обнаружения ошибок приняты следующие меры:

– текущий контроль (передатчики сравнивают уровни битов, которые переданы, с уровнями на шине).

– побитовое заполнение

– проверка кадра сообщения

– *Эффективность обнаружения ошибок.* Механизмы обнаружения ошибок имеют следующие возможности:

– обнаружение всех глобальных ошибок

– обнаружение всех локальных ошибок передатчиков

– обнаружение до 5 случайно распределённых ошибок в сообщении

– обнаружение последовательной группы ошибок длиной до 15

– обнаружение любого числа нечетных ошибок в сообщении

– Общая остаточная вероятность ошибки для необнаруженных, разрушенных сообщений, меньше чем: скорость появления ошибки

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

* 4.7*10E-11:

Сигнализация ошибки и время восстановления. Разрушенные сообщения помечаются узлом, обнаружившим ошибку. Такие сообщения прерываются и будут переданы снова. Время восстановления от обнаружения ошибки до начала следующего сообщения в большинстве случаев = 29 * время передачи одного бита, если не имеется никаких дальнейших ошибок.

Типизация ошибок. Узлы CAN способны отличить временные ошибки от постоянных отказов. Дефектные узлы будут отключены.

Соединения. Линия связи по протоколу CAN – это шина, к которой может быть подключён ряд узлов. Количество узлов не имеет никакого теоретического предела. Фактически количество узлов будет ограничено временами задержек и/или электрической нагрузкой на линии шины. Способ, которым выполнена шина, не установлен в данной спецификации. Например, это может быть одиночный провод (+земля), два дифференциальных провода, оптическое стекловолокно.

Уровни шины. Шина может принимать одно из дополняющих друг друга значений: «dominant» и «recessive». В случае одновременной подачи «dominant» бита и «recessive» бита, возникающее в результате значение шины будет «dominant». Считается что «recessive» = лог. «1», а «dominant» = «0»).

Подтверждение. Все приёмники проверяют непротиворечивость принимаемого сообщения и подтверждают непротиворечивое сообщение.

Режим «сна» / «пробуждения». Чтобы уменьшить потребляемую мощность системы, узел CAN может быть переведен в режим «сна» («спящий» режим). Спящий режим заканчивается при любом действии на шине или внутреннем состоянии системы. При «пробуждении» запускается внутренняя синхронизация, канальный уровень ждёт стабилизации генератора системы, а затем будет ожидать самосинхронизации к действиям на шине (синхронизация к действиям на шине заканчивается после принятия последовательности 11 битов с лог. «1»). Для пробуждения узла из режима покоя может использоваться некоторое сообщение пробуждения со специальным идентификатором.

7.7.3.2 Передача сообщений. При передаче информации с помощью протокола CAN используется четыре типа кадров. Кадр данных содержит данные, передаваемые передатчиком приёмнику. Кадр удаленного запроса данных передается на шину для запроса передачи кадра данных с тем же самым идентификатором. Кадр ошибки передаётся при ее обнаружении на шине. Кадр перегрузки используется для обеспечения дополнительной задержки между предшествующим и последующим кадрами данных или

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

кадрами удаленного запроса данных. Кадры данных и кадры удаленного запроса данных отделяются от предшествующих кадров межкадровым пространством.

7.7.3.3 Передающая среда и нижние подуровни протокола CAN. Протокол CAN главным образом предназначен для сетей с шинной топологией и электрическими проводами в качестве канала связи (передающей среды). Могут применяться и другие передающие среды, способные поддерживать состояния высокого/низкого уровней, что необходимо для осуществления побитового арбитража. Международная организация стандартизации определила стандарт IS0 11519–2 для шин CAN со скоростью обмена до 125 Кбит/с и IS0 11898 для скорости обмена выше 125 Кбит/с. Эти стандарты различаются только спецификациями нижних подуровней MD1 и PMA физического уровня протокола CAN в вопросах подключения к передающей среде (шине).

Подуровни MDI и PMA иногда называют блоком MAU – (блоком доступа к среде передачи данных). Скоростной канал связи образуется двухпроводной линией**,** к обоим концам которой подключены характеристические сопротивления для подавления отражений. Это дифференциальная линия с подавлением синфазных помех. За счет низкого характеристического сопротивления линия имеет хорошую помехоустойчивость, особенно если использована витая пара. Медленный канал связи также выполнен двухпроводным. Концы линии через сопротивления R = 2,2 кОм подключены к источникам напряжения различной величины. Преимущество такой линии заключается в некоторой информационной избыточности, т. к. данные, по сути, дублируются и передаются независимо по двум проводам. В случае повреждения одного провода сетевые адаптеры могут быть реконфигурированы для работы в однопроводной линии, помехозащищенность при этом ухудшится. За счет паразитной связи между проводами линия более чувствительна к искажениям и не может быть использована для высокоскоростною режима.

Подуровень PMA (подключение к физической среде) определяет характеристики шинных драйверов и приемников. При этом линии шины CAN могут находиться в одном из двух состояний: доминирующего уровня (dominant) и недоминирующего уровня (recessive). Если один из узлов устанавливает шину в состояние доминирующего уровня, оно будет установлено, независимо от состояний остальных узлов. Эти состояния определяются дифференциальным напряжением между проводниками шины, называемыми CAN_H и CAN_L. Величина этого напряжения для состояния доминирующего уровня составляет 1,5...3 В, для состояния недоминирующего уровня: –0,5...+0,05 В.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Характеристики шинных драйверов задаются стандартом IS0 11898, где указаны все электрические спецификации. Например, максимальное число подключаемых к шине узлов не должно превышать 30.

На рисунке 7.39 схематично показано подключение линейного драйвера к скоростной шине.

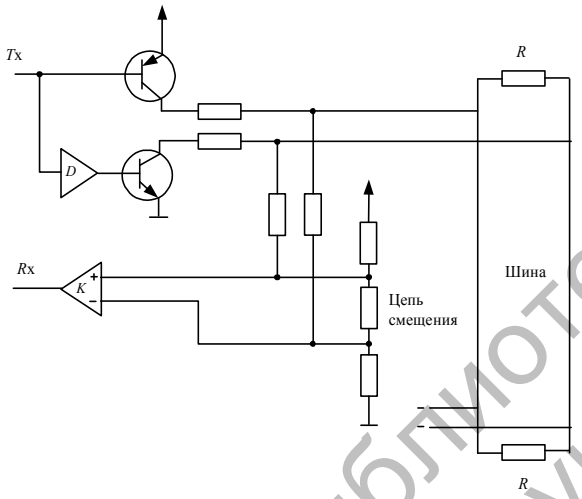


Рисунок 7.39 – Подключение драйвера к шине

Когда логический уровень сигнала на входе Tx равен «1», оба транзистора в выходном каскаде закрыты, и выход драйвера находится в высокоимпедансном состоянии. Шина находится в состоянии недоминирующего уровня, дифференциальное напряжение примерно равно нулю, напряжение смещения около 2,5 В. При подаче сигнала «0» на вход Tx оба транзистора отпираются, дифференциальное напряжение становится равным около 2,5 В, шина переходит в состояние доминирующего уровня. Наличие цепи смещающего напряжения гарантирует смену полярностей сигналов на входах компаратора «К» при переходе шины от одного состояния к другому.

Побитовый арбитраж является особенностью протокола CAN. Мультиплексная система, подчиняющаяся CAN-протоколу – равноранговая. Любой узел имеет право на доступ к шине, когда она свободна. Признаком этого является обнаружение узлом междукадрового пространства. Приоритет сообщения определяется 11-битовым идентификатором и следующим за ним битом индикатора запроса. Идентификатор, содержащий меньшее двоичное число, имеет более высокий приоритет. Приоритеты устанавливаются за различными событиями на этапе проектирования и не могут быть изменены динамически. Конфликт при попытке доступа нескольких узлов к шине разрешается побитовым арбитражем идентификаторов кадров, передаваемых

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

конфликтующими узлами.

На рисунке 7.40 показаны три узла, пытающиеся одновременно получить доступ к сети CAN. Для первого узла идентификатор 0111111…, для второго – 0100110…, для третьего – 0100111… Первые две цифры в идентификаторах совпадают, все три узла продолжают передавать информацию (в данном случае свои идентификаторы) на шину до прихода третьей цифры, при этом шина будет установлена в доминирующее состояние «0». Далее узел 1 прекратит передачу, так как передаваемая им цифра недоминирующего уровня «1» отличается от нулевого состояния шины. Узлы 2 и 3 продолжат передачу до седьмого бита. В этот момент времени передаваемый узлом 3 бит «1» не совпадает с состоянием шины «0» и узел 3 отключится, передачу продолжит только узел 2.

При таком побитовом арбитраже сохраняется первая часть сообщения и наиболее важная информация с более высоким приоритетом передается без перерыва, «проигравшие» узлы автоматически становятся приемниками для сообщений с более высокими приоритетами. При побитовом арбитраже даже при сильной загрузке коммуникационной шины и невозможности отправить все сообщения в данное время отправляются наиболее важные.

Неразрешимые конфликты могут возникнуть на шине, если в кадрах запроса совпадают идентификаторы, но указано разное число битов в требуемых данных. Для избежания конфликтов в пределах системы эти числа должны быть одинаковыми.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

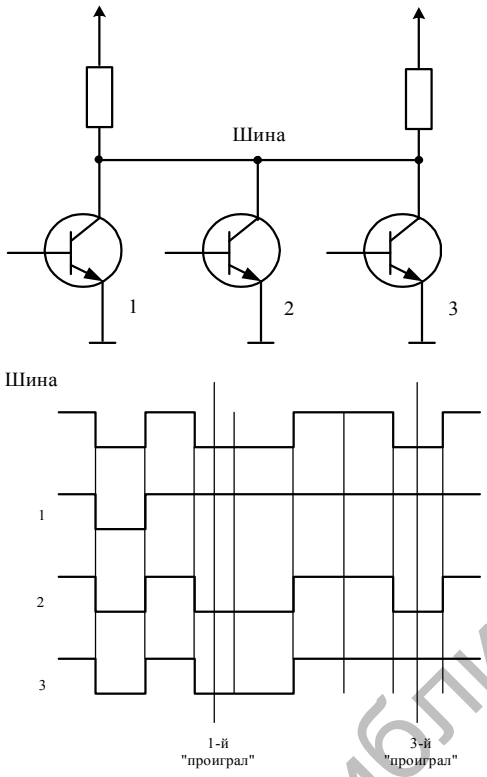


Рисунок 7.40 – Побитовый арбитраж

Протокол CAN, в отличие от других, не использует квитирование сообщений. Вместо этого CAN сигнализирует об обнаруженных ошибках. В протоколе имеется пять способов обнаружения ошибок:

контроль циклически избыточным кодом (CRC). Передатчик добавляет в кадр дополнительные биты в поле CRC, используя образующий полином и содержимое кадра. На принимающей стороне определяется код CRC и сравнивается с переданным. Отсутствие совпадения определяется как ошибка CRC;

проверка кадра. Проверяются форматы полей кадра. Обнаруженные ошибки называются ошибками кадра;

определение ошибки АСК. Приемник, получивший информацию, устанавливает бит АСК в доминантное состояние. Передатчик, не получивший подтверждения в такой форме, уведомляется об ошибке в кадре или отсутствии приемников.

Протокол CAN предусматривает две процедуры обнаружения ошибок на битовом уровне:

мониторинг шины. Узел может контролировать собственное сообщение при передаче и может обнаружить несоответствие между тем, что он передает, и тем, что приходит к приемнику. Исключением является посылка недоминантных битов при арбитраже или бита АСК. Это позволяет отличать глобальные ошибки от локальных ошибок передатчика;

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

определение ошибки при вводе дополнительных битов синхронизации. Ошибка определяется при получении приемником шести одинаковых последовательных битов.

Первые три из перечисленных способов реализуются на уровне сообщения (кадра), два последних – на битовом уровне.

В протоколе CAN применяется контроль циклически избыточным кодом CRC, для чего используется полином $x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^{8} + x^{7} + x^{4} + x^{3} + 1$, генерирующий двоичную псевдослучайную последовательность максимальной длины. Аппаратно или программно организуется сдвигающий 16-разрядный регистр с обратными связями через схемы «исключающее ИЛИ» (сумма по модулю два) в соответствии с коэффициентами образующего полинома (рисунок 7.41). Регистры на стороне приемника и передатчика исходно устанавливаются в одинаковые состояния. Через регистр проходят биты сообщения начиная со старших. После этого содержимое регистра становится циклически избыточным кодом (CRC). При отсутствии ошибок коды приемника и передатчика совпадают. При ошибке бит АСК остается недоминантным.

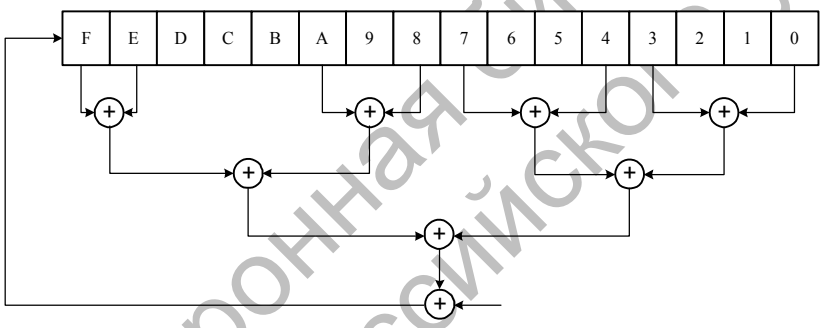


Рисунок 7.41 – Схема включения регистра

Протокол CAN предусматривает сигнализацию ошибок. Если узел обнаруживает ошибку, используя один из приведенных выше способов, текущая передача сообщений приостанавливается, на шину выдается флаг ошибки. Другие узлы не принимают прерванное сообщение.

При обнаружении ошибки CRC, кадр ошибки начинает передаваться после разделителя CRC. Для других видов ошибок кадр ошибки начинает передаваться со следующего бита после обнаружения ошибки.

После прерывания ошибочного сообщения передатчик пытается его повторить, как только шина освободится.

Неисправные узлы могли бы заблокировать всю шину своими кадрами ошибок, но протокол CAN имеет средства для различения

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

случайных и повторяющихся (постоянных) ошибок, локальных и глобальных. Для этого делается статистическая оценка поведения узла по числу кадров в ошибочных ситуациях и постоянно неисправный узел может быть выключен, чтобы сохранить работоспособность шины в целом. В некоторых системах сигнализация ошибок используется для записи кодов ошибок в память бортовой диагностики.

7.7.3.4 Подуровень LLC. Подуровень LLC соответствует верхней части канального уровня модели ВОС. Здесь решаются вопросы независимо от способов доступа к среде, такие как: решение о принятии сообщения узлом, определение состояния перегрузки, повторение передачи и т.д.

Подуровень LLC обеспечивает пользователя интерфейсом CAN возможностью выполнять следующие задания: передавать данные без квитирования; передавать кадр запроса без квитирования.

Взаимодействие между подуровнем LLC и пользователем осуществляется с применением двух типов кадров: кадра данных LLC и кадра запроса LLC (рисунок 7.42).

Рисунок 7.42 – Форматы кадров подуровня LLC

В поле идентификатора содержится 11 бит. Семь наиболее значимых битов не могут быть одновременно в состоянии «1». В поле ОЬС (data length code) содержится 4 бита. Здесь указывается размерность поля данных в байтах. Допустимыми значениями являются 0–8, комбинации цифр 9 и 5 запрещены. В поле данных может быть до 8 байт, в соответствии со значением DLC. Кадр запроса идентичен кадру данных, но не содержит поля данных. Поле DLC должно содержать число байтов данных в соответствии с идентификатором. Решение о принятии сообщения узлом реализуется следующим способом. При необходимости послать сообщение узел передает данные и идентификатор своему шинному драйверу CAN. Здесь сообщение форматируется в кадры и передается на шину драйвером, когда шина свободна или в соответствии с

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

приоритетом информации. Все другие узлы шины становятся приемниками этого сообщения. Каждый узел определяет – ему предназначена эта информация или нет. Если «да», информация принимается, если «нет» – игнорируется. Процедуру такой фильтрации может выполнить и ЭБУ, но для разгрузки ЭБУ в современных протоколах CAN для мультиплексных систем определение назначения сообщения возложено на адаптеры CAN.

В результате арбитража передатчик может не передать свое сообщение на шину. Подуровень LLC инициирует ретрансляцию (повторение) данных, пока они не будут отосланы адресату. Доступ передающего узла к шине может быть заблокирован другими сообщениями с более высокими приоритетами. Как должна отрабатываться такая ситуация, решается соответствующим приложением.

7.7.3.5 CAN-протоколы высокого уровня. Ввиду широкого использования CAN-сетей предусмотрено несколько главных стандартов CAN-протоколов высокого уровня: CAL (CAN Application Layer), OSEK/VDX, SAE J1939, CANopen, DeviceNet, SDS (Smart Distribution Systems), CAN-Kingdom. Далее более подробно будет рассмотрен стандарт DeviceNet для сравнения с TCP/IP. Получили развитие несколько видов CAN протоколов высокого уровня, таких как CAL, OSEK/VDX, SAE J1939, CANopen, DeviceNet, SDS, CAN-Kingdom, в основе которых лежит канальный протокол CAN2.0 (Bosch) , и на основе этих протоколов можно решать проблемы, возникающие в real-time системах, которые невозможно разрешить при помощи других известных протоколов, например, таких как TCP/IP.

Основные возможности протоколов высокого уровня на базе CAN: система назначения идентификатора для сообщения; метод обмена данных процесса; прямая (peer–to–peer) связь; метод установления связей для обмена данных процесса; сетевое управление; модели и профайлы устройств.

Идентификаторы сообщений. Метод назначения идентификатора сообщения является главным архитектурным элементом CAN-систем, так как идентификатор CAN-сообщения определяет относительный приоритет сообщения и время обработки сообщения (latency time). Это также влияет на возможность применимости фильтрования сообщения, на использование возможных коммуникационных структур и эффективность использования идентификатора. Что касается назначения идентификаторов сообщений, существуют различные подходы для систем на базе CAN. Некоторые (CANopen) не применяют предопределение идентификаторов для общих структур системы, а DeviceNet и SDS применяют. Устройства (nodes) в DeviceNet получают постоянный идентификатор. Максимальное количество узлов составляет 64. Каждый узел имеет некоторое множество идентификаторов в одной из трех групп в зависимости от приоритета сообщения. Группа 1 сообщений обеспечивает до 16

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

высоко приоритетных сообщений на устройство, группа 3 сообщений – до 7 низко приоритетных сообщений на устройство. Группа 2 сообщений предназначена для поддержки устройств с ограниченными способностями фильтрования сообщений. Поэтому для данной группы идентификаторов было выбрано фильтрование согласно номеру узла (MAC-ID). Это означает, что приоритет сообщений этой группы прямо определяется номером узла. MAC-ID группы 2 может быть адресом источника или адресом назначения. DeviceNet использует также предопределенное Master/Slave множество связей для облегчения взаимодействия в Master/Slave системной конфигурации.

Поддерживаются следующие функции канала обмена I/O сообщениями и явными (Explicit) сообщениями между Master и Slave устройствами из предопределенного множества связей: явный канал сообщений; изменение Master статуса канала (Master Poll Change of State/Cyclic channel); изменение Slave статуса канала (Slave I/O Change of State/Cyclic channel); Bit Strobe канал.

Явный канал сообщений главным образом служит для конфигурации устройства. С изменением Master-статуса канала Master может запрашивать данные ввода-вывода от устройства и посылать данные на Slave устройство. С изменением Slave статуса канала Slave устройство может передать данные Master-устройству. При помощи Bit Strobe команды Master-устройство может запросить данные у любого из 64 Slave устройств посредством одного сообщения.

Обмен данных процесса. Передача данных процесса между устройствами распределенной системы – цель системы на основе CAN-протокола. Поэтому передача прикладных данных (данные процесса, данные ввода-вывода) системы должна быть выполнена наиболее эффективным путем. CANopen и DeviceNet обеспечивают весьма схожие механизмы связи для передачи данных обслуживания / конфигурации процесса. У CANopen передача данных процесса происходит посредством так называемых «Объектов Данных Процесса (PDOs)», у DeviceNet посредством « I/O-сообщений». *Вызов (triggering) сообщений.* Все рассматриваемые протоколы поддерживают различные способы вызова сообщений. DeviceNet поддерживает циклический (Cyclic), по состоянию (Change-of-State) и программный (Application) способы вызова. Циклический вызов осуществляется по истечению времени таймера и начинается передача сообщения. Передача по состоянию начинается, когда статус определенного объекта изменяется. В этом случае сообщение также передается, когда истекает определенный интервал времени, в котором не осуществлялась передача сообщения. Программным способом сам объект решает, когда начать передачу сообщения. В этом случае сообщение также передается, когда истекает определенный интервал времени без передачи сообщения. *Установление соответствий (mapping) для программных объектов.* Сетевые устройства обычно содержат более одного программного объекта и передача I/O сообщения более чем одному программному объекту внутри одного PDO является необходимым требованием. В DeviceNet объединение прикладных данных осуществляется посредством трансляционных (assembly) объектов, которые определяют формат передаваемых данных. Устройство может содержать более одного I/O трансляционного объекта и выбор подходящего (consumed/pro-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

duced_connection_path) может быть настраиваемой опцией устройства. *Прямые (peer–to–peer) коммуникационные каналы.* Для конфигурации устройств посредством конфигурационных средств требуются специальные программы, обеспечивающие многоцелевые каналы связи. Передача данных в каналах связи осуществляется посредством протокола с подтверждениями и фрагментацией. Любой из протоколов высокого уровня, которые поддерживают некоторую конфигурацию устройств, должны обеспечивать этот вид связи. DeviceNet обеспечивает многоцелевые устройство ориентированные каналы и сервисы. Запись и чтение атрибутов объектов, контролирование объектов (reset, start, stop etc.), сохранение/ восстановление атрибутов объектов осуществляется посредством явных (Explicit) сообщений. Намерение использовать данное сообщение определяется в поле данных CAN.

Установление связей для обмена данных процесса. Распределение идентификаторов для передаваемых сообщений и, соответственно, получаемых сообщений устанавливает коммуникационные пути в CAN сети. Установление взаимодействия возможно через использование предопределенного множества сообщений с уже размещенными идентификаторами сообщений или через переменное распределение идентификаторов для сообщений. В системе с предопределенным множеством сообщений функции и идентификаторы сообщений уже определены. DeviceNet также использует предопределенное множество сообщений для системы со структурой 1:n. Master-устройство, предварительно разместив у себя множество связей со Slave устройствами, «знает» ID сообщений для передачи запроса и ID сообщений для получения ответа, который включает Slave MAC-ID в соответствии с предопределенным множеством связей. Также возможно не предопределять идентификаторы сообщений.

Сетевое управление. CAN-сети имеют дело с распределенными приложениями, при этом должны отслеживаться определенные события (отказы различных частей приложения или отказ устройств). Главные задачи сетевого управления – обнаружение и вывод ошибок в сети, обеспечение контроля статусов и ведение координации устройств. В зависимости от системных решений сетевое управление может вестись явным или косвенным путем. В DeviceNet каждое соединение контролируется. Поэтому каждая ожидающая сообщение конечная точка имеет «Inactivity/Watchdog» таймер, чтобы контролировать прибытие сообщения согласно предопределенному времени ожидания. Если время истекает, соединение выполняет действие «Timeout». После получения вызова CREAT (Explicit сообщение) соединение настраивается при помощи подходящей последовательности вызовов явных сообщений и после этого устанавливается. Перед получением доступа к сети каждое устройство должно совершить проверку на дубликат своего MAC-ID. Определенные алгоритмы выбора гарантируют уникальность MAC-ID. Контроль может осуществляться также посредством Heartbeat сообщения, которое может посылаться устройствам посредством UCMM в форме сообщения. В поле данных этого сообщения передается состояние устройства. Heartbeat сообщение вызывается объектом Idendity.

Профайлы устройств. Для открытых автоматических систем помимо

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

обеспечения связи от входящих в их состав устройств требуется также обеспечение возможности взаимодействия и взаимозаменяемости. Поэтому протоколы высокого уровня (такие как DeviceNet) описывают функциональные возможности устройств в виде модели устройства («Device Model»).

Важными параметрами описанных выше устройств являются также статус, диагностическая информация, коммуникационные возможности, конфигурационные параметры и т. д.

7.7.3.6 Примеры микросхем, поддерживающих CAN-протокол. Микросхемы, которые поддерживают CAN-протокол, выпускаются различными поставщиками, такими как Philips, Motorola, Siemens, National Instruments, Intel и др. (рисунок 7.43).

Рисунок 7.43 – Двухканальная CAN-плата PCL–841 фирмы Advantech

Существуют следующие два типа микросхем. Встроенные – микросхемы, которые включают в себя CAN-контроллер и один из видов интегрированного микроконтроллера. Это Intel 80196CA, содержащий в одном кристалле стандартный контроллер 80196 и CAN-контроллер 82527; Philips 82C592 и 82C598, имеющие контроллер 80C51 и CAN-контроллер 82C200; Motorola 68HC05X4, 68HC705X4, 68HC705X32 на основе M6805. Периферийные – микросхемы, которые содержат только CAN-контроллер. Это Intel 82527 с 14 фиксированными входными фильтрами, одним типа Mask-and-Match и поддержкой стандартного и расширенного фреймов; Philips 82C200 с одним входным фильтром типа Mask-and-Match и поддержкой стандартного фрейма; Siemens SAB 81C90, 81C91 с 16 фиксированными входными фильтрами. Кроме того, фирмами Philips и Texas Instruments выпускается ряд буферных микросхем, формирующих сигналы CAN-магистрали.

7.8 Системы повышения безопасности

Безопасность АТС обеспечивается безотказностью органов управления и механизмов; эргономическими показателями, от которых зависит степень утомляемости водителя. Различают активную, пассивную и экологическую безопасность. Активная безопасность – важнейшая и определяется свойствами АТС, способствующими предупреждению дорожно-транспортного происшествия (ДТП) или аварии. Она обеспечивается тормозными свойствами, устойчивостью и управляемостью, маневренностью, системой внешнего освещения, световой и звуковой сигнализацией, эргономическими (физиологическими, психо-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

логическими, антропометрическими и гигиеническими) показателями. Пассивная безопасность обеспечивается свойствами конструкции, в случае аварии сводящими к минимуму травмирование человека. Экологическая безопасность призвана уменьшить вредное воздействие на участников движения и окружающую среду при эксплуатации АТС. Проблема обеспечения безопасности заключается в придании АТС и системе управления таких качеств, которые бы помогали водителю предотвращать аварии в опасных ситуациях, сводить к минимуму травмирование в случае аварии, снижать вредное влияние на человека и окружающую среду.

К устройствам, обеспечивающим активную безопасность, относятся стабилизаторы поперечной устойчивости АТС и положения кузова, антиблокировочные и противобуксовочные системы, противоугонные устройства и сигнализация. Системы повышения пассивной безопасности, хотя и не уменьшают вероятность совершения ДТП, но обеспечивают значительное снижение травматизма и уменьшение числа смертельных исходов в случае аварии. Эти системы парируют инерционные нагрузки, действующие на человека в момент столкновения, ограничивают его перемещение в салоне автомобиля, защищают людей от травм при ударах о внутренние поверхности кузова и т. д. В системах пассивной безопасности широко применяется автоматическое натяжение ремней безопасности, автоматически наполняемые подушки безопасности, автоматически падающие сетки безопасности, травмобезопасные бамперы и рулевые колонки. Экологическая безопасность связана с автоматизацией процессов, происходящих при сгорании топлива и выбросе в атмосферу отработавших газов, а также предотвращением вредных утечек рабочей жидкости.

В системах стабилизации поперечной устойчивости АТС и положения несущих конструкций применяются активные подвески с гидропневматическими упругими элементами. При наклоне автомобиля во время движения со значительной скоростью на повороте датчики, характеризующие положение кузова относительно мостов автомобиля, выдают сигналы, по которым электронный блок формирует управляющие команды, отрабатываемые исполнительными механизмами. В результате выравнивается горизонтальный уровень кузова, способствуя повышению устойчивости автомобиля.

В системах обеспечения безопасности автомобилей часто используются принципы нечёткой логики. Так, корпорация «Siemens» разработала устройства интеллектуального управления подушками безопасности. Такие системы с большой точностью определяют тип и тяжесть столкновения.

Многие функции управления с применением искусственного

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

интеллекта связаны с обеспечением охраны автомобиля и всевозможных защит, а также комфортабельности. Например, автомобиль может заводиться только одновременно с открытием дверных замков и снятием охранного режима пультом дистанционного управления. При этом осуществляется персонализация рабочего места водителя с применением индивидуальных брелков. Если автомобилем управляют разные водители, то компьютеры управления параметрами салона настроят его под индивидуального человека. Система автоматически изменит углы наклона и высоту сиденья, положение рулевого колеса, включит радио на желаемом уровне громкости и настроит его на требуемую частоту. Может быть выбрана требуемая программа управления: динамичная, экономичная или среднеэксплуатационная.

На рисунке 7.44 показана схема системы повышения безопасности с применением нечеткой логики, разработанная корпорацией Automotive Technologies Co. (США). Система содержит установленные в кабине водителя датчики массы и движения, радары, радиолокационные, емкостные и индуктивные датчики, ультразвуковые, электромагнитные, ультра- и инфракрасные, оптические датчики 1–7 (рисунок 7.44, а). Система идентифицирует опасную ситуацию (например, лобовой удар при столкновении машины с препятствием, недопустимое отклонение корпуса водителя или пассажира в кресле, нарушение температурного режима в кабине). Информация обрабатывается нечетким контроллером НК (рисунок 7.44, б). В блоке приведения к нечеткости для этой ситуации выбирается группа продукционных правил и посредством процедуры дефаззификации формируются управляющие сигналы. В результате исполнительные механизмы выполняют необходимые защитные мероприятия по наполнению воздухом подушек безопасности, изменению углов наклона и высоты сиденья, положения рулевого колеса, включению кондиционера и т. д.

В системах активной и пассивной безопасности широко используются элементы искусственного интеллекта, обеспечивающие защиту от ложных срабатываний датчиков. Это особенно важно в системах с автоматически наполняемыми подушками. Применяются интеллектуальные устройства для парирования сигналов, отраженных дорожными знаками, движущимися по встречной полосе транспортными объектами.

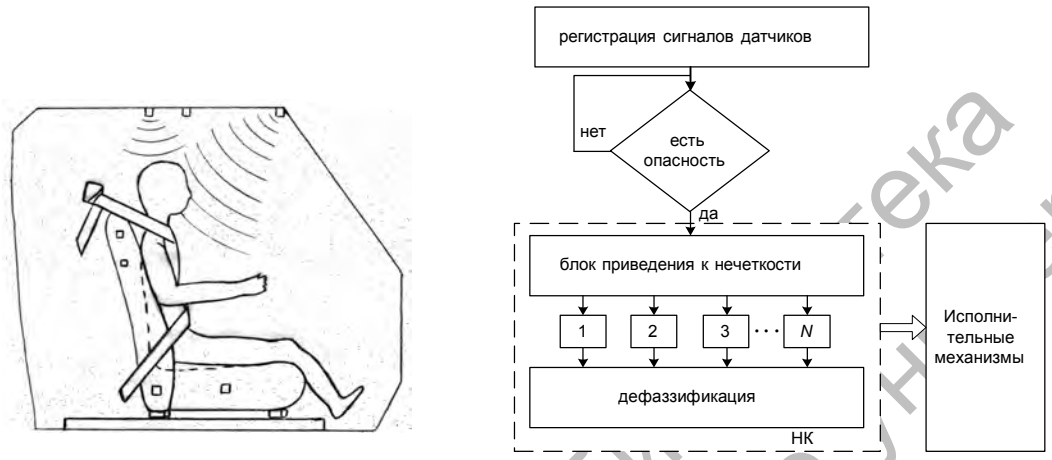
Ниже перечислены некоторые перспективные конструктивные мероприятия, повышающие безопасность.

Усиленный каркас кузова. Для сохранности целостности салона автомобили снабжают каркасом, имеющим программированную деформацию и рассчитанным на максимальное поглощение рассеянной

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

энергии в случае удара. Причем в случае фронтального удара защита пассажиров усилена установкой второй энергопоглощающей балки, расположенной перед подрамником двигателя. Площадь воздействия, таким образом, увеличивается, и поглощенная энергия лучше рассеивается. Подрамник двигателя и вторую энергопоглощающую балку изготавливают из алюминиевых сплавов и новых материалов.

а) б)



а – размещение датчиков в кабине; б – функциональная схема системы

Рисунок 7.44 – Система повышения безопасности автомобиля

Подушки безопасности. Защиту пассажиров в случае столкновения обеспечивают применением нескольких подушек безопасности. Например, при наличии девяти таких подушек две передние фронтальные подушки безопасности для водителя и пассажира адаптируются к интенсивности удара. Две передние боковые подушки безопасности защищают грудную клетку, туловище и тазобедренный сустав водителя и переднего пассажира. Еще две подушки безопасности в виде боковых надувных шторок защищают от травм головы водителя и пассажиров при боковом ударе. Кроме того, коленная подушка безопасности предназначена защищать ноги водителя при их вероятном столкновении с рулевой колонкой. Эти семь надувных подушек дополняются двумя задними боковыми подушками безопасности.

Другие системы безопасности. На передних сиденьях применяются «активные» подголовники, которые помогают избежать повреждений шейных позвонков. При ударе сзади спина углубляется в спинку сиденья и, начиная с некоторого усилия, толкает рычаг, перемещающий подголовник вперёд: при движении спины назад и выдвижении «активного» подголовника перемещение головы относительно плеч

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

практически очень мало. Для каждого из трёх пассажиров заднего сиденья применяют подголовники, изготавливаемые в форме запятой. Передние сиденья снабжают ремнями с преднатяжителями и ограничителями усилия натяжения и системой оповещения о непристёгнутом ремне. Пассажиры на заднем сиденье могут воспользоваться ремнями с преднатяжителями и ограничителями усилия натяжения. Задние сиденья оснащают креплениями для фиксации детских кресел. Кроме того, задние двери могут быть дистанционно заблокированы водителем или передним пассажиром.

7.9 Диагностические и информационные контрольно-диагностические системы

7.9.1 Структура интеллектуальной системы диагностирования (ИСД). ИСД, входящая в состав комплексной электронной бортовой системы управления энергетическими режимами автомобиля с ГМП, включает:

систему управления ГМП;

экспертную систему с нейронечетким контроллером и блоком идентификации;

интеллектуальный интерфейс, поддерживающий высокоэффективный безопасный помехозащищенный CAN-протокол;

комплект датчиков для измерения диагностических параметров;

информационный дисплей (панель оператора) с управляющими кнопками или сенсорной пленкой.

ИСД следует проектировать на основе открытой структуры, что достигается путем применения стандартов CAN-технологий в сочетании с возможностью многократного (до миллиона циклов) перепрограммирования локальных микропроцессорных систем по основному CAN-интерфейсу непосредственно на автомобиле. Использование интеллектуальных технологий на всех уровнях системы обеспечивается за счет адресации значительного объема памяти программ и базы знаний, а также путем применения сопроцессоров со специальным программным обеспечением или нечетких контроллеров.

Экспертная система, реализующая технологии искусственного интеллекта, например, нечеткую логику и нейронные сети, выполняется на основе нейронечеткого контроллера с соответствующей аппаратной и программной реализацией. Она может содержать интеллектуальный интерфейс с вычислительной подсистемой верхнего уровня (RS–232,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

RS–485, CAN 2.0 B) и нижнего уровня (CAN 2.0 B, RS-485) с возможностью подключения любых локальных микропроцессорных устройств, поддерживающих стандартный протокол CAN 2.0 B. Экспертную систему с нечетким контроллером удобно функционально разделять. Так, на нижнем уровне ИСД возможна эмуляция процессов управления на основе нечеткой логики, а на верхнем уровне ИСД при соответствующем программном обеспечении возможна работа в режиме экспертной системы реального времени.

Бортовая диагностическая система реализуется посредством микроэлектроники, имеющей такие минимально необходимые технические характеристики:

– процессор с системой команд MCS-51 с арифметическим 16-ти разрядным процессором;

– адресуемая основная FLASH-память для хранения данных операционной системы и прикладных программ – не менее 4 Мб, в том числе многосекционная, с возможностью разбиения на подсекции – не менее 3 Мб и энергонезависимое ПЗУ емкостью 1 Мб;

– пять слотов расширения, где находится: FLASH-накопитель данных емкостью, кратной 4 Мб; сигнальный сопроцессор; АЦП для обработки сигналов с внешних датчиков и ЦАП для исполнительных устройств; устройства для сбора и вывода дискретных данных.

Для связи с объектом система должна иметь не менее 48 дискретных входов, 6 счетно-импульсных входов, 24 дискретных выходов, 22 аналоговых и 8 токовых входов, не менее 4 входов для работы с датчиками температуры. Для организации внешних связей система снабжается следующими интерфейсами: двумя CAN – для расширения системы путем подключения дополнительных CAN-модулей; RS–232 – для подключения дисплея; RS–232 – для подключения принтера. Контроллер должен быть выполнен с возможностью многократного перепрограммирования FLASH-PROM непосредственно на автомобиле. Система снабжается энергонезависимыми часами реального времени с разрешением 1 с.

Панель оператора визуализирует диагностическую информацию, обеспечивает просмотр аварийных сообщений и т. д. ПО средств визуализации должно обеспечивать корректировку и редактирование параметров в допустимом диапазоне, переход в наладочные режимы после введения кода наладки, просмотр даты последнего измерения параметра и др.

Международным стандартом **SAE J1939–73** специально для автомобильной диагностики разработан комплекс требований для построения диагностических электронных систем. Там же приведена базовая нотация и синтаксис используемых языков, позволяющих

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

создавать программные коды для программирования микроконтроллеров.

7.9.2 Встроенные средства и системы диагностирования – неотъемлемая часть электронного оснащения АТС и одно из центральных направлений компьютеризации автомобильного парка. Это направление способствует автоматизации многих функций, принадлежавших прежде водителю и механику автотранспортного предприятия (АП). Микропроцессорные встроенные средства контролируют техническое состояние механизмов и деталей, формируют рекомендации по продолжению работы автомобиля на линии либо постановке его на техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР) или выполнению мелкого ремонта самим водителем в пределах ежедневного обслуживания (ЕО).

Встроенные средства подразделяются на:

– системы датчиков и контрольных точек, обеспечивающие вывод сигналов на внешние средства диагностирования;

– бортовые системы контроля для допускового контроля параметров функционирования и технического состояния с выводом результатов только на дисплеи в кабине водителя;

– встроенные системы диагностирования – автономные или функционирующие комплексно со стационарными информационно-управляющими центрами. Они предназначены для косвенного обобщенного контроля работоспособности механизмов с выдачей результатов на дисплей водителю и в бортовой накопитель для последующего прогнозирования и учета ресурса и наработок механизмов, корректирования режимов ТО стационарными ЭВМ.

Наибольшее распространение получили встроенные системы с микропроцессорной обработкой, накоплением и выдачей информации водителю, передачи ее в бортовой накопитель и на штекерный разъем. Такие систем несут функции всех трех указанных разновидностей и предназначены для использования водителем или механиком АП и выдачи данных в ЭВМ стационарного комплекса АСУ работой и техническим состоянием парка.

Однако диагностирование только внешними средствами не гарантирует предотвращение эксплуатации автомобилей с неисправностями, аварийных дорожных отказов, не обеспечивает оптимизации выбора режима движения и проведения ТО и ТР. Оно не устраняет накопления неисправностей на межконтрольном пробеге, так что в среднем более 20 % парка эксплуатируется с такими неисправностями. Ухудшение технического состояния АТС является причиной отказов и ДТП. Более частому проведению диагностирования препятствуют ограничения экономического характера. При этом значительная часть парка эксплуатируется вообще без диагностирования, нередко в отрыве от АП и станций технического обслуживания (СТО), в мелких ведомственных и плохо оснащенных гаражах.

Наиболее перспективная возможность снять отмеченные ограни-

чения, обеспечив практически непрерывным контролем наименее надежные детали, – внедрение встроенных систем диагностирования (ВСД). Электронные ВСД с упреждением выявляют предотказные состояния механизмов, определяющих наибольшую частоту обращений в ремонтные службы, а также снижающих функциональные качества, что представляет угрозу для безопасности.

Первоначально в ФРГ, а затем в США и Японии в 1970-х г. на легковых автомобилях использовались системы встроенных датчиков (СВД) и контрольных точек (КТ). С середины 1970-х г. японскими и американскими, а впоследствии и западноевропейскими фирмами применяются электронные бортовые системы контроля (БСК). В начале 80-х гг. разработаны встроенные системы диагностирования (ВСД) с микропроцессорной обработкой и накоплением информации.

Автомобильные СВД и КТ имеют бортовую сеть встроенных в конструкцию автомобилей датчиков и контрольных точек системы электрооборудования, подключаемую при диагностировании к внешней вторичной диагностической аппаратуре.

Автономные БСК первого поколения обеспечивали допусковой прямой контроль раздельно по 10–12 параметрам с синхронной выдачей результатов на приборную панель. Являясь по существу ее продолжением, БСК выполняли проверку технического состояния механизмов по структурным параметрам, а правильность функционирования – по выходным параметрам, прямо и однозначно отражающим контролируемый процесс.

При насыщении автомобилей электроникой устанавливаемые на БСК устройства объединяют на микропроцессорной основе в одно целое с другими устройствами контроля (эконометром, маршрутным компьютером, электронной панелью, указателем целесообразности переключения передач) и связывают с автоматическими регуляторами (впрыска, зажигания и др.). Начали использоваться общие датчики одновременно для нескольких компонентов; функции обработки, отображения и накопления данных стали выполняться общими блоками. Так, в 1976 г. фирмой «Bosch» разработана одна из первых комплексных систем управления ДВС и трансмиссией, одной из функций которой стал допусковый контроль систем смазки, охлаждения и деталей, обеспечивающих безопасность движения.

Дальнейшее повышение эффективности БСК обусловлено использованием в них микропроцессоров вместо специализированных логических схем с неизменяемым алгоритмом. Это не только обеспечило универсальность систем по отношению к различным моделям АТС и модификациям их механизмов, но и упростило формат выдачи результатов за счет многовариантности программных процедур обработки результатов измерений, но и сделало доступными более эффективные и сложные вычислительные алгоритмы, требующие значительных объемов памяти и развитого интерфейса. Микропроцессорные БСК включают в себя

встроенные датчики, АЦП или преобразователи сигналов датчиков в стандартную импульсную форму, пульты управления с дисплеями, блоки памяти, арифметико-логические устройства с ОЗУ и интерфейсом, стабилизированные блоки питания.

БСК часто конструктивно объединяются традиционной приборной панелью в единую автомобильную информационную систему. При этом основное отличие БСК от комплекта индикаторов стандартной панели заключается не столько в расширении номенклатуры контролируемых параметров, сколько в обязательной допусковой обработке результатов, возможностях анализа целесообразности их запоминания или отображения по приоритетам.

Ведущие автомобилестроительные фирмы применяют разветвленные микропроцессорные БСК для допускового контроля свыше 20 параметров. В дополнение к функциям первых внедренных БСК эти системы обеспечивают контроль состояния фрикционов, коробки передач, системы зажигания, амортизаторов и др. (рисунок 7.45).

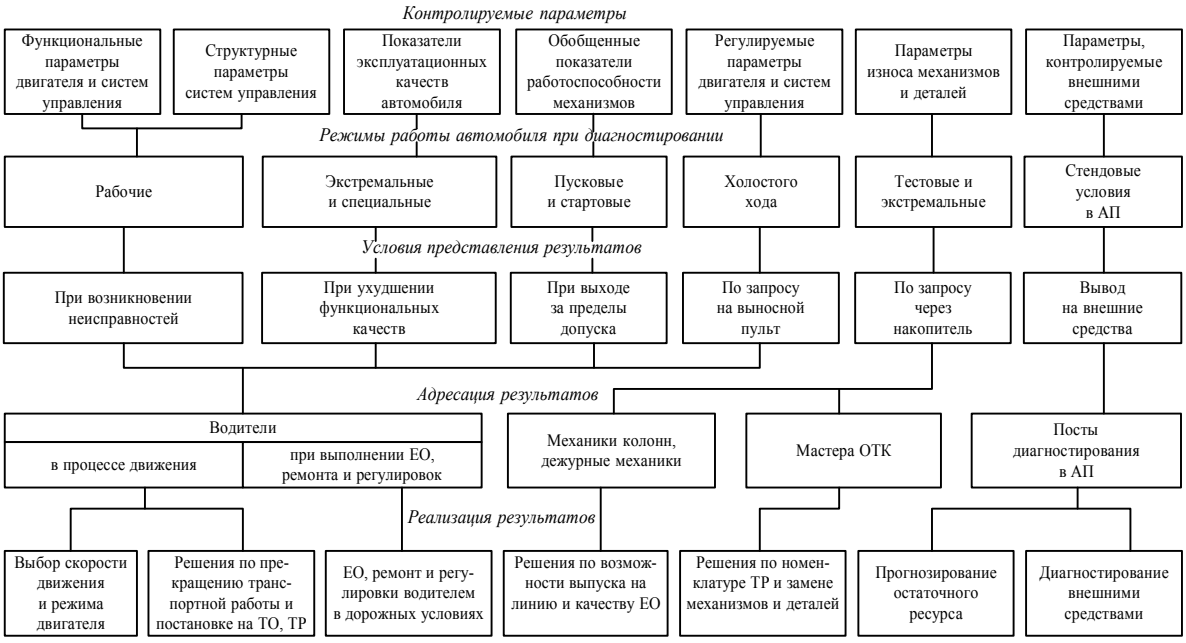


Рисунок 7.45 – Схема контроля технического состояния АТС встроенными средствами

Новый этап развития «диагностического разъема» (этот термин нередко используют для обозначения СВД и КТ) начался с внедрением автомобильных микропроцессорных систем управления с низкой контролепригодностью в условиях традиционного оснащения ремонтных предприятий. Проверка автомобилей с такими системами по наиболее

общим выходным показателям эффективности обеспечивается на специальных мотор (дизель)-тестерах и роликовых стендах.

Для поэлементной проверки, определения характера неисправностей и поиска отказавших элементов наиболее сложные микропроцессорные системы управления оснащают специальным диагностическим разъемом и подключают к ним вторичные переносные тестеры. Примером может служить диагностическое обеспечение выпускаемых фирмой WABCO антиблокировочных микропроцессорных тормозных систем, включающих диагностический разъем, встроенные элементы самоконтроля и вторичные переносные тестеры для проверки пневмоаппаратов и электронных блоков АБС. В частности, применяются тестеры для проверки 4- и 2-контурных АБС с дополнительной ASR-функцией управления разгоном (Antriebs Schlupf Regelug) грузовых автомобилей, автопоездов и автобусов. Тестеры обеспечивают проверку электрических сигналов 14–16 блоков АБС фирмы WABCO путем подключения через 35-контактный и два 7-контактных разъема. Встроенный блок контроля дает возможность водителю следить на режимах пуска двигателя, трогания и в процессе движения за включенным состоянием и общей исправностью системы в целом.

От простейших «однопараметрических» индикаторов состояния механизмов, дополнявших функции приборной панели, новые технологии и разработки привели к современным электронным ВСД. Многообразие функциональных возможностей, аппаратного построения и форм выдачи результатов отражает классификация ВСД по функциональным и структурным признакам (рисунок 7.46).

Число датчиков определяет стоимость и надежность БСК, эффективность которой зависит от условий использования результатов допускового контроля, адресуемых прежде всего водителю. Ввиду этого дальнейшее развитие электронных БСК связано не с наращиванием числа контролируемых параметров, а с совершенствованием обработки данных, получаемых в результате измерений, их накопления, вторичной переработки по адаптивным алгоритмам, и выдачей результатов не только водителю, но и через накопитель – персоналу технической службы после возвращения автомобиля в АП.

Такие автономные либо функционирующие в комплексе со стационарными информационно-управляющими центрами электронные системы для косвенного контроля, накопления и переработки результатов стали именоваться ВСД в отличие от простейших БСК. Вместо контроля структурных параметров, непосредственно и однозначно отражающих уровень износа элементов или ресурса механизма, в них по результатам измерений функциональных параметров оцениваются обобщенные

комплексные показатели работоспособности механизмов и изменяющихся эксплуатационных качеств автомобиля (топливной экономичности, тормозной эффективности), что в целом отражает его состояние. ВСД формируют рекомендации водителю и команды автоматическим устройствам по ограничению скорости движения, частоты вращения коленчатого вала двигателя, своевременности постановки АТС на ТР и ТО, замены механизмов, а вместе со стационарными комплексами АСУ определяют их остаточный ресурс. Эти системы автоматизируют процедуру обобщенной оценки состояния АТС и его механизмов, обычно выполняемую водителем и механиком субъективно даже при оснащении бортовыми системами контроля.

Рисунок 7.46 – Классификация встроенных систем диагностирования

Конструирование ВСД ведется по двум основным направлениям: создание автономных целиком ориентированных на водителей систем для обобщенной оценки состояния автомобиля и систем в комплексе со стационарными средствами АСУ, адресованных прежде всего механикам и руководителям АП.

Различные автомобильные системы контроля и диагностирования объединяют в единую информационную систему автомобиля с общей

сетью датчиков и микропроцессорным блоком с накопителем в комплексе со стационарными АСУ АП. Блоки и функции ВСД вводят в состав электронных автомобильных САУ с задачей контроля их работоспособности. Объединение различных автономных бортовых систем оценки технического состояния автомобиля, наработки основных механизмов, выполненных ремонтно-технических воздействий, работоспособности водителя дает наиболее полное использование бортовой измерительной сети, вычислительных возможностей средств сбора и обработки информации. Обеспечивается не только рациональное построение бортового комплекса, но и качественно более высокий уровень оптимизации оперативного управления в технической эксплуатации.

Развитие БСК и ВСД характеризуется последовательным укрупнением объектов контроля и расширением их номенклатуры с постепенным охватом всех наиболее важных механизмов автомобиля с учетом безопасности движения, экологии, топливной экономичности, надежности эксплуатации, безотказности на линии и т. п.

Специфической особенностью контроля электронных систем, структурные параметры которых недоступны для измерений, является проверка по функциональным параметрам состояния в рабочих и специальных тестовых режимах. При этом аппаратными средствами (искусственно введенными элементами, внешними по отношению к проверяемой системе) контролируется состояние механизмов, цепей питания и по специальным признакам входных и выходных сигналов конструктивно раздельных блоков. Программный тестовой контроль электронных блоков автомобильных систем пока еще довольно дорог. Контроль же электронных систем внешними тестерами обеспечивается их подключением к контрольным точкам через схемы развязки и не требует дополнительных встроенных датчиков. В этом случае удорожание проверяемых систем не превышает 15 %.

Характерно, что при интеграции ВСД с системами управления двигателем, трансмиссией и другими механизмами сами эти системы управления также включаются в число объектов контроля встроенной системой. При этом раздельно контролируются выходные сигналы встроенных датчиков, электронных блоков, исполнительных механизмов, а зачастую и состояние управляемого ими механизмов автомобиля. ВСД снабжаются бортовым накопителем, а процедура отображения результатов программируется. В зависимости от приоритета неисправности автоматически включается одна из форм индикации (синхронная, цепная, по запросу, по опорным сигналам режима работы автомобиля) наличия и места неисправностей. Такое усложнение процедуры отображения результатов при сравнительно простых алгоритмах допускового контроля обеспечивает адаптацию ВСД к жестким условиям информационных перегрузок водителя, значительно упрощает использование результатов

ситета

как водителем, так и ремонтным персоналом.

Происходит не только аппаратная интеграция систем, но и объединение процедур обработки фиксируемых ими результатов различного содержания: диагностирования, контроля выполненной транспортной работы, учета выработки ресурса механизмов и выполненных технических воздействий, расхода топлива и др. Алгоритмы совместной обработки реализуются на ЭВМ стационарных информационно-управляющих центров АП. На борту АТС данные фиксируются по опорным сигналам пробега, даты, времени и событий (номеру ездки или рейса, причинам простоев, случаям ТО и ТР, ДТП и др.). Информация выдается сразу по нескольким адресам – в диспетчерские службы перевозок, в группы учета топливных и материальных ресурсов, анализа технического состояния и обслуживания подвижного состава, управления производством ТО и ТР, механикам и руководителям АП.

Наблюдается устойчивая тенденция усложнения процедур обработки информации, ее предварительного анализа перед выдачей пользователям в упорядоченной форме непосредственно в момент контроля или при выдачи из накопителей в ЭВМ. При этом реализуются эффективное восприятие данных и дополнительные функции прогнозирования темпа изнашивания и остаточного ресурса, автоматизация всех этапов учета показателей работы, технического состояния, ресурса, наработки и восстановления работоспособности подвижных объектов.

Одной из тенденций вывода результатов оценок технического состояния является автоматизация подготовки для водителя решений по поддержанию работоспособности и эксплуатации автомобиля. Синхронная с контролем индикация результатов сохраняется уже только для экстренных случаев опасных неисправностей, а сама процедура выдачи результатов интеллектуализируется и становится автоматически управляемой. Заранее прорабатываются и программируются возможные исходы контроля с тем, чтобы помимо числовых значений выдавались конкретные рекомендации. Некоторые из таких возможностей (в отношении хорошо диагностируемых или опасных, исключающих продолжение движения неисправностей) уже заложены во внедренных системах на западных автомобилях.

Так, данные о работоспособности автомобиля и неисправностях выдаются только при необходимости реагирования на них. Считается, что в перспективных системах выдача данных должна обеспечиваться на режимах холостого хода, пусковых и предпусковых, а в экстренных случаях – и синхронно с выполнением контроля в процессе движения. Формой отображения должны быть конкретные рекомендации типа «Стоп», «Выключить двигатель», «Ограничить скорость» (до конкретного значения), «Вернуть в АП» (с пробегом не более указанного), «Прекратить транспортную работу по завершении ездки», «Долить масло в гидроусили-

ситета

тель», «Заменить масляный фильтр ГМП» и т.п. Целесообразно также предусмотреть выдачу информации о недопустимом снижении функциональных качеств и угрожающих безопасности движения неисправностях в виде команд регуляторам скорости движения и системам автоматического торможения.

По окончании смены (рейса) или перед ТО механик АП по запросу должен получать из системы полные сведения о зафиксированных неисправностях, а также о наработке двигателя и других механизмов на межконтрольном пробеге. Данные должны защищаться от искажений и служить основанием для назначения и планирования работ ТО и ТР. Эти же данные должны выдаваться в систему учета технической службы. Совершенствуется и сама процедура выдачи ВСД результатов. Так, фирмой «Bosch» предложено в дополнение к звуковой и световой индикации выхода контролируемых параметров за поле допуска выдавать по запросу скорость их измерения. Фирмой «Nippondenso» (Япония) предлагается изменять масштабы шкал отображаемых на дисплеях параметров при их выходе за поле допуска, а также напоминать о наличии неисправностей речевым индикатором через фиксированное время после визуальной индикации. Этой же фирмой вместо индикации скорости постепенного изменения контролируемого параметра (например, вследствие износа) предложено выдавать результат сравнения прогноза ресурса с пробегом до ближайшего планового ТО.

Результаты контроля функциональных параметров, таких, как давление масла, предлагается выдавать только на фиксированных нагрузочно-скоростных режимах после расчета соответствия их значений параметру режима, причем поиск требуемых параметров в памяти обеспечивается по специальным программам. Помимо индикации неисправностей по запросу фирмой «Nissan» (Япония) предлагается автоматическая выдача данных после включения зажигания или завершения операций ТО. Японскими фирмами «Toyota» и «Nippondenso» рекомендуется заносить в бортовой накопитель результаты контроля не только технического состояния, но и частоты выхода из строя механизмов и систем автомобиля на экстремальных режимах, как наиболее объективные характеристики эффективности работы автомобиля.

Перспективна замена проводной бортовой измерительной сети электрических коммуникаций, соединяющих встроенные датчики с бортовым электронным блоком, на мультиплексную кольцевую систему передачи данных (см. п. 7.7.1). При этом все датчики соединяются с одним или двумя кольцевыми проводами, по которым осуществляется их опрос импульсными сигналами системы в кодированной форме с временным или частотным разделением командных и информационных сигналов. Применение мультиплексных систем радикально сокращает протяженность электрических проводов и количество разъемов, на

ситета

которые при числе встроенных датчиков более 20 приходится свыше 30–40 % стоимости ВСД.

Для выдачи неотложной информации водителю в ВСД все шире используются автоматические синтезаторы речи в комплексе с автомобильной радио- и звуковоспроизводящей аппаратурой. В качестве визуальных индикаторов применяются жидкокристаллические, газоразрядные или светодиодные матричные многофункциональные и специализированные дисплеи с электронным управлением. Эти же дисплеи, как правило, служат и для выдачи информации о функционировании автомобиля по номенклатуре традиционных параметров приборной панели, и для сенсорного вызова требуемых данных о состоянии автомобиля. Информация выдается в цифровом и знаковом виде, причем конкретная форма отображения выбирается автоматически в расчете на максимальную вероятность восприятия. Так, при первоначальном обнаружении опасных неисправностей на ограниченный период времени может включаться мигающий режим индикации, отражающий характер неисправности, с одновременным речевым подтверждением. Затем до появления новых отказов остается включенной только общая индикация наличия неисправностей без их конкретизации или периодически производятся напоминания водителю.

Перспективна тенденция интеграции всего электронного оснащения автомобиля на основе нескольких систем: мультиплексной, автомобильной (реже ее называют водительской), информационной и ВСД. Эта интеграция охватывает все стороны аппаратурного построения, функционирования, взаимодействия микропроцессорных компонентов и имеет конечной целью создание локальной информационно-аналитической сети, объединяющей рассредоточенные по механизмам автомобиля компоненты посредством отмеченных выше разветвленных систем. При этом сама встроенная система не имеет собственных конструктивных блоков, за исключением встроенных датчиков, и на функциональном или программном уровне входит в состав более сложных систем. Но функции контроля и диагностирования традиционных механизмов и электронного оснащения АТС сосредотачиваются именно на такой распределенной встроенной системе, на входы которой подаются сигналы с контрольных точек и встроенных диагностических датчиков.

Белорусского университета

Электронные информационные системы значительно расширяют возможности получения информации при малом объеме, занимаемом приборной панелью. Электронная панель приборов (рисунок 7.47) способна по желанию водителя выдавать на экран несколько вариантов значимой информации, в том числе с дублированием ее голосовым сообщением.

Рисунок 7.47 – Электронная панель приборов

Рисунок 7.48 – Компоновка электронной информационной системы

Электронная панель приборов (см. рисунок 7.47) располагает регулируемой подсветкой приборной панели. В ней использована новая международная технология микрочипов, позволяющая напрямую получать, быстро и точно обрабатывать информацию от датчиков.

Управление электронной информационной системой осуществляет бортовой компьютер (рисунок 7.48), в который стекается информация с датчиков. Аварийная информация передается водителю без его участия, другая же поступает по его запросу или непрерывно. Для электронной индикации применяются электронно-лучевые трубки, жидкокристаллические индикаторы и т. п.

Панели с электронно-лучевой трубкой позволяют во время стоянки принимать телепрограммы, а также вызывать на экран карту местности с ориентировкой на ней автомобиля. Компьютер способен не только оценить аварийную ситуацию, но и выявить тенденцию, направленную к появлению такой ситуации, заранее предупредив водителя об опасности.

Электронные информационные системы предоставляют возможность через спутниковую связь или через сотовую связь с местными сетями информировать водителя об оптимальном маршруте движения.

Светящаяся приборная панель (рисунок 7.49) производства «Suzuki Liana» оригинальна и современна, удобна и максимально информативна. Она имеет светодиодные шкалы, что удобно для восприятия информации в

Национальная библиотека Украинского университета

любое время суток. Цифровой спидометр, дуга тахометра, небольшие указатели температуры и запаса топлива столбчатого вида занимают в 2 раза меньше места, чем традиционная комбинация приборов. Трехспицевой руль с треугольной вставкой (рисунок 7.49) обеспечивает гармонию внешнего дизайна и внутреннего интерьера.

Рисунок 7.49 – Светящаяся приборная панель

Рисунок 7.50 – Текстовый дисплей, подключаемый к ПК через порт USB

Бортовые компьютеры и средства диагностирования оснащаются ЖК-дисплями (рисунок 7.50) с электролюминесцентной подсветкой. Такие дисплеи вмещают четыре строки текста по 20 символов в каждой, с фиксированным размером шрифта. Весь текст автоматически прокручивается, если не хватает места на небольшом экране.

Возможности этих дисплеев: диагностическая информация, данные о компьютере и операционной системе (ОС); автоматическая проверка электронной почты; наличие собственного интерфейса для многих популярных мессенджеров (ICQ, Yahoo, AIM) с возможностью ответа на сообщения в любой момент, даже если компьютер занят другим активным приложением; поддержка функций органайзера и программных плееров; автоматическое обновление ПО; контроль состояния аппаратного обеспечения и ОС.

7.10 Средства отображения информации

7.10.1 Информационные панели. Интеллектуальная панель оператора. Средства отображения информации в зависимости от их места размещения подразделяют на стационарные и бортовые.

К средствам отображения информации относят панели, табло, экраны, дисплеи, терминалы, мониторы. Некоторые из этих понятий

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

синонимичны.

Среди панелей различают информационные панели и панели оператора (см. рисунки 7.23, 7.25, 7.49, 7.51). *Панели оператора* широко используют в качестве устройств отображения информации в микропроцессорных автомобильных системах на основе различных контроллеров. Наиболее распространены дисплейные панели.

Дисплейные панели обеспечивают эффективную систему сопряжения с оператором в условиях, когда к средству отображения предъявляются требования малой стоимости и габаритов, простоты и надежности в эксплуатационных условиях и наиболее полное представление информации. В таких панелях предусматривается регулирование яркости и контрастности, что позволяет использовать их практически в любых условиях освещения. В панелях оператора отображаемые данные преобразовываются для повышения выразительности и наглядности информации. Широко применяется графический вид отображения информации.

Клавишные панели выполняют со сменными надписями, что позволяет адаптировать устройства к потребностям пользователя. Удобство расположения цифровой клавиатуры позволяет легко вводить необходимые данные, при этом может обеспечиваться проверка достоверности значений вводимых данных.

Современные панели содержат часы реального времени. Информация о времени и дате передается в контроллер, что позволяет вести обработку данных с учетом временных периодов.

Панели оператора способны контролировать и отображать большое число (как правило, до 1024) аварийных сообщений. Для каждой аварийной ситуации определяются и немедленно выдаются на дисплей соответствующие сообщения. Благодаря 1024-уровневой системе прерываний оперативно отображаются самые важные сообщения. Чтобы не потерять информацию о важных сообщениях, может быть задан режим обязательного подтверждения оператором. Информация о последних аварийных ситуациях (их количество может достигать сотни), переданная контроллером, сохраняется во внутреннем списке аварийных ситуаций, который можно просмотреть на экране или вывести на печать.

Основные функциональные характеристики панелей оператора: пылебрызгозащищенное и виброзащищенное исполнение; клавиатура и экран с тактильными мембранными клавишами и тактильной чувствительностью; светодиодные индикаторы состояния; сменные надписи на клавишах; каналы RS-232 (до 19200 бит/с) для подключения к компьютеру и RS-232 / RS-485 для подключения к контроллеру; часы реального времени, поддерживаемые резервным питанием; флэш-память (8 Мбайт); дополнительная память 0,5 Мбайт, 8 Мбайт, 16 Мбайт; 1024 уровня приоритета аварийных сообщений; запоминание списка аварийных

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

сообщений и их вывод на печать; отображение стандартного набора символов ASCII и графической информации.

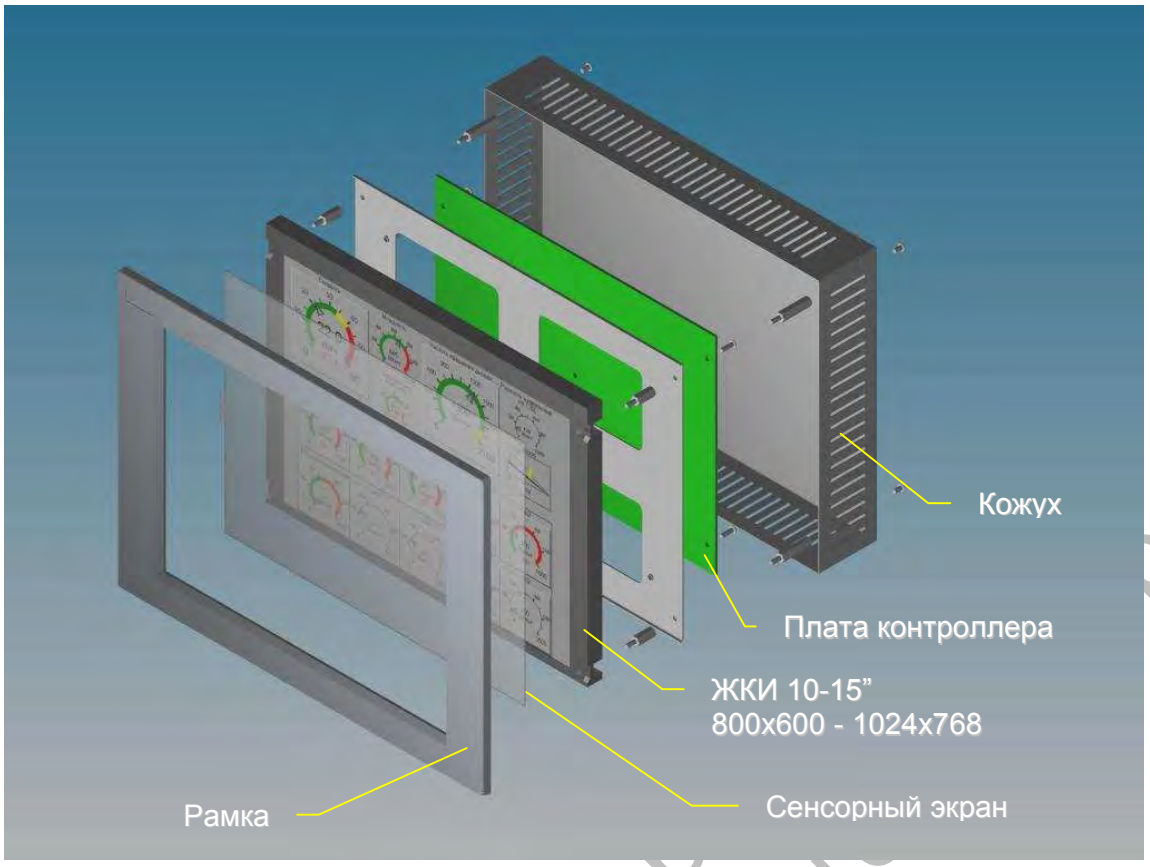
Современные панели оператора могут использоваться не только для отображения и ввода информации с клавиатуры, но и как программируемые контроллеры. Для этого в панель устанавливается соответствующий процессорный модуль и один из модулей связи с объектом. Кроме того, к процессорному модулю могут быть подключены по сети CAN-open дополнительные модули связи с объектом. Для программирования контролеров используется соответствующее программное обеспечение. Максимальное количество каналов ввода / вывода, доступных программе, обычно равно 256.

В бортовых системах управления / диагностирования мобильных машин используются интеллектуальные панели оператора (рисунок 7.51).

а)

б)

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета



а – общий вид; б – структура

Рисунок 7.51 – Интеллектуальная панель оператора

7.10.2 Дисплеи и оптоэлектронные приборы. Для представления информации с заданной точностью и в удобном для водителя виде используются различные бортовые средства отображения информации.

К бортовым средствам отображения информации относятся индикаторы, дисплеи, оптические приемопередатчики и оптоэлектронные устройства.

Автомобильные индикаторы должны оперативно выдавать информацию, при этом требования к ним, как правило, относительно невысокие. Наибольшее распространение получили *аналоговые индикаторы*. Они предназначены для представления информации в форме, наиболее удобной для быстрого считывания ее водителем, что определяет особенности конструкции и размещения этих устройств. Например, если стрелка указателя температуры охлаждающей жидкости двигателя находится в районе середины шкалы, водитель с одного взгляда понимает, что значение температуры находится в пределах нормы. Точность в данном случае не очень важна, тем более, что отсчет, предположим, 98 ^{0}С на цифровом указателе температуры достаточно сложно быстро интерпретировать. Этим обстоятельством, а также важной особенностью восприятия информации мозгом, объясняется достаточно широкое применение индикации информации именно в аналоговой, а не цифровой форме.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Разновидностью аналоговых индикаторов являются *стрелочные индикаторы*. Различные параметры автомобиля, имеющие неэлектрическую природу (скорость, температура, давление и т.д.), преобразуются в электрические сигналы. Последние обрабатываются, фильтруются и подаются в виде электрического тока или напряжения на аналоговый стрелочный индикатор. Амперметр электромагнитной системы содержит основание, постоянный магнит, латунную шину, якорь и стрелку. При разомкнутой цепи якорь со стрелкой под действием магнитного поля постоянного магнита удерживается в среднем положении на нулевом делении. При прохождении тока через латунную шину создается магнитное поле, под действием которого намагниченный якорь со стрелкой поворачивается в ту или другую сторону в зависимости от направления тока и на угол в соответствии с измеряемым значением параметра.

Цифровые и графические индикаторы (дисплеи) используются на автомобиле для выдачи картографической информации в навигационных системах; в дисплеях бортового компьютера, часах и т.д. Эти устройства могут иметь различную конструкцию. Для управления отдельными частями и сегментами дисплеев применяется мультиплексная система передачи информации (см. п. 7.7.1).

Дисплеи бывают нескольких видов: с подсветкой – источники света на дисплее, включаются при определённых условиях; обычные жидкокристаллические дисплеи – LCD, – легко читаемые при любом освещении, используются тёмные элементы на светлом фоне, буквы на дисплее этого типа – черные на сером фоне, подсвечиваются лёгким светом сверху; цветные LCD – обращённое изображение делает возможным формирование цветной светящейся картинки, даёт более чёткие, резкие буквы, которые легче читать; LED (светоизлучающие дисплеи) – большие и яркие, превосходная видимость в прямом солнечном свете и в темноте; VFD (вакуумные флуоресцентные дисплеи) – сохраняют видимость в прямом солнечном свете и очень хорошо видны в темноте, изображение можно без искажений рассматривать под большими углами, сохраняют полную работоспособность в широком диапазоне температур.

Главное преимущество дисплеев перед другими средствами отображения состоит в том, что состав информации и ее количество можно изменять в зависимости от потребностей. Кроме того, эта информация может быть количественной (например, о скорости движения и пройденном пути, температуре и давлении масла в гидросистеме, остатке топлива в баке и т. п.) и качественной, т. е. оценивающей техническое состояние тех или иных систем и механизмов (например, включено / выключено, отказ тормозной системы, низкое давление масла и др.).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

К конструкции дисплеев предъявляются следующие требования.

1 Значения рабочих температур дисплея на автомобиле должны находиться в диапазоне –40…+85 ^{0}С.

2 Максимальное напряжение питания дисплея может достигать 100 В, однако повышение напряжения приводит к увеличению стоимости дисплея и снижению его надежности. Наиболее приемлемый вариант – напряжение 5 В.

3 Срок службы устанавливаемого на АТС дисплея должен превышать 100 тыс. ч.

4 Символы индикации на дисплее должны быть хорошо различимыми при прямом солнечном освещении. Это означает, что яркость собственной оснащенности экрана дисплея не может быть меньше 1200 кд/м^2.

5 Коэффициент контрастности, т. е. отношение яркости экрана (фона) дисплея к яркости символов на нем должен быть равен 1:20 для светоизлучающих и 1:5 для светоотражающих дисплеев (для сравнения: коэффициент контрастности для страницы с напечатанным текстом равен 1:5,6.

6 Цвет экрана должен быть красным, голубым или зеленым (за рубежом регламентируется стандартом), но не исключается желтый и белый.

7 В системе передачи сигналов к дисплею нежелательна многократная их передача, поскольку возникающие потери снижают яркость изображения или его контрастность. Лучше всего задача решается при помощи дисплея со статическим возбуждением.

8 Информативность дисплеев должна быть достаточно высокой. Помимо визуального отображения информации, целесообразно применение синтезаторов речи.

Цифровая система индикации работает во многом аналогично аналоговой. Сигналы с датчиков поступают в ЭБУ панели приборов в аналоговой или цифровой форме. В ЭБУ производится необходимая обработка полученной информации. Последняя затем передается на устройства отображения информации, в качестве которых могут использоваться светодиоды, жидкокристаллические дисплеи, вакуумно-флуоресцентные индикаторы, электронно-лучевые трубки и т. д.

Светодиодные индикаторы. Принцип работы светодиодных индикаторов основан на том, что диоды, выполненные из фосфида арсенида галлия (GaAsP), при протекании электрического тока в прямом направлении создают электромагнитное излучение в световом диапазоне. Такие диоды называют светодиодами. Они позволяют излучать зеленый, желтый или красный цвет в зависимости от технологического процесса при производстве. Светодиоды широко используются как индикаторы в

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

электронном оборудовании и цифровых дисплеях. Их преимуществом является безотказность в работе длительное время (более 50000 часов) и потребление маленького тока.

Индикаторный дисплей автомобиля обычно состоит из группы светодиодов (матрицы), которая организована для выдачи информации в определенной форме. Могут использоваться отдельные светодиоды, семисегментные индикаторы или сложные шкалы спидометров (рисунок 7.52).

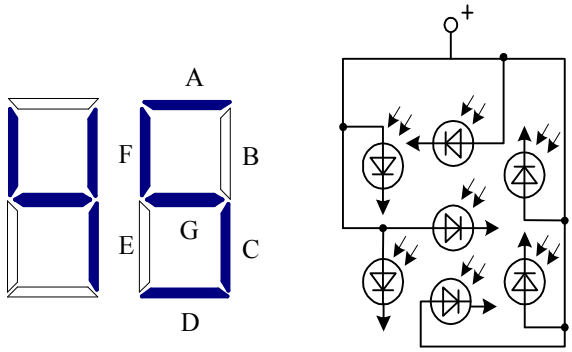


Рисунок 7.52 – Светодиодные индикаторы

На рисунке 7.53, б изображена информационная панель с монохромным светодиодным устройством, в котором использованы светодиоды повышенной яркости направленного свечения. Допускается использование при прямом солнечном освещении. Управление информационной панелью производится с помощью дистанционного пульта.

а) б) в)

а – в электронных приборах при отображении текущего времени суток и температуры воздуха; б – на станциях технического обслуживания; в – на автозаправочных станциях

Рисунок 7.53 – Использование светодиодных индикаторов

Жидкокристаллические дисплеи. Жидкокристаллический дисплей (ЖКД) – устройство отображения изображения или текстовой информации, в котором массивы из жидких кристаллов пропускают либо задерживают свет в зависимости от сигнала управления. Англоязычная аббревиатура – ***LCD*** – *Liquid Crystal Display.* ЖКД расходуют для работы очень мало электроэнергии и при этом обеспечивают высокое качество считываемости информации. Они состоят из жидкокристаллического компаунда,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

помещенного между двумя стеклянными пластинами. Экран содержит тысячи точек, которые под действием электрического тока меняют свою отражающую способность, что позволяет формировать из них буквы, цифры и другие символы. Некоторые ЖКД имеют с обратной стороны электролюминесцентную панель (дисплеи с задней подсветкой).

Работа ЖКД основана на явлении поляризации светового потока. Известно, что так называемые кристаллы-поляроиды способны пропускать только ту составляющую света, вектор электромагнитной индукции которой лежит в плоскости, параллельной оптической плоскости самого поляроида. Для оставшейся части светового потока поляроид будет непрозрачным. Таким образом, поляроид как бы «просеивает» свет; данный эффект называется поляризацией света.

Молекулярная структура жидких кристаллов и их оптические свойства могут быть изменены механическим воздействием, электрическим или магнитным полем, давлением, температурой. Молекулы жидкого кристалла, имеющие вытянутую форму, чувствительны к электростатическому и электромагнитному полю и способны поляризовать свет, обеспечивая возможность управлять с их помощью поляризацией светового потока (рисунок 7.54).

В результате жидкие кристаллы рассеивают свет, падающий на них. Это свойство используется в автомобильных дисплеях, индикаторах, бортовых компьютерах и различных приборах микроэлектроники.

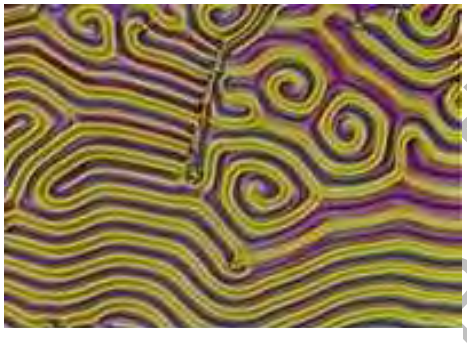


Рисунок 7.54 – Увеличенное изображение жидкого кристалла

Рассмотрим принцип действия индикатора на жидких кристаллах (рисунок 7.55). Когда кристалл не возбужден, дисплей пропускает только поляризованный свет, который, проходя через первый поляризатор, попадает кристалл и поворачивается на 90^0. На выходе кристалла установлен второй поляризатор под углом 90^0 к первому. Свет проходит через второй поляризатор, отражается зеркалом и возвращается через второй поляризатор, кристалл и первый поляризатор.

Белорусская государственная университетская библиотека

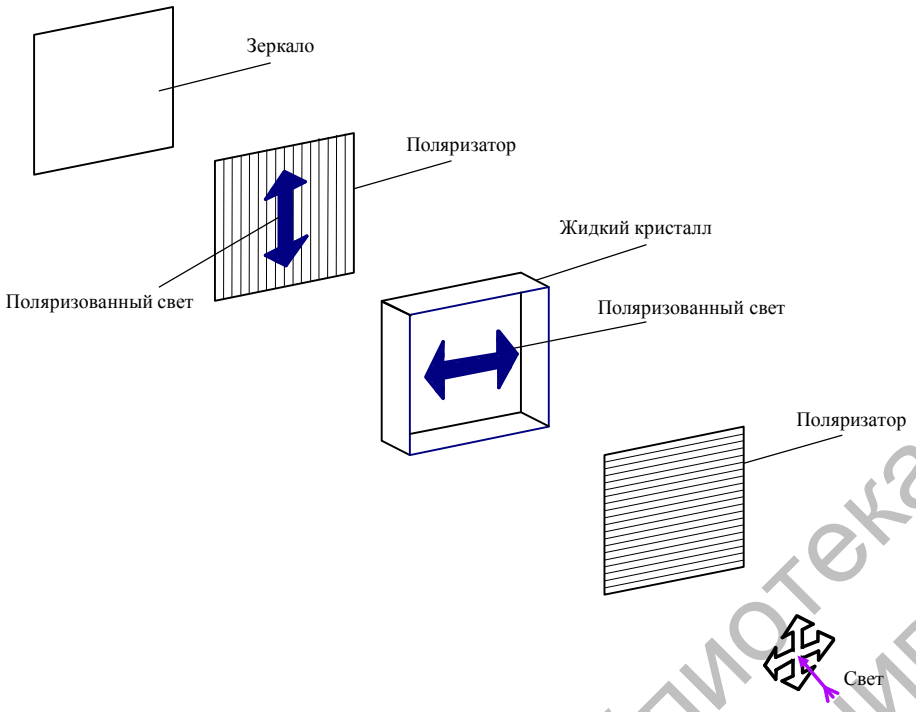


Рисунок 7.55 – Принцип работы жидкого кристалла

В невозбужденном жидком кристалле свет просто отражается. Если на жидкий кристалл подано напряжение порядка 10 В с частотой 50 Гц, его молекулы становятся неупорядоченными, и свет, проходя через жидкий кристалл, не будет поворачиваться на 90^0. Это значит, что свет, пройдя первый поляризатор, не пройдет второй и отразится. На дисплее при этом будет виден темный сегмент. Размеры сегментов определяются назначением дисплея, например, для дисплея компьютера сегмент принимает форму и размеры пикселя.

Жидкокристаллические дисплеи потребляют небольшую мощность, но нуждаются во внешних источниках освещения. Иногда вместо зеркала в жидкокристаллических дисплеях используют фоновый источник света. Помимо невысокой потребляемой мощности, к преимуществам жидкокристаллических дисплеев следует отнести их портативность и достаточно высокое качество считываемости информации.

Качественный скачок технология ЖКД сделала после разработки активноматричных ЖК-панелей. Благодаря применению тонкопленочного прозрачного транзистора TFT (Thin Film Transistor) каждая ЖК-ячейка приобрела персональный «запирающий ключ» (рисунок 7.56).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 7.56 – Жидкокристаллические дисплеи с активной матрицей на поликремниевых тонкоплёночных транзисторах

В результате при поочередном опросе каждая активная ячейка запоминает свое состояние. На TFT-дисплеи не нужно подавать высокочастотный видеосигнал. Достаточно частоты кадровой развертки в 60 Гц, так как каждый кадр будет отображаться четким, немерцающим и не раздражающим глаза.

Жидкокристаллические дисплеи с активной матрицей на поликремниевых тонкоплёночных транзисторных структурах предназначены для применений в различных областях: в автомобильной промышленности, на железнодорожном транспорте, в машиностроении, морском флоте, специальных транспортных средствах и многих других, требующих высокого значения яркости, прочности конструкции, термостойкости.

Конструкции ЖКД различны (рисунок 7.57, а, б). Для улучшения качества цветопередачи, углов обзора и других показателей технологии производства ЖКД совершенствуются. Так, для исправления эффекта инверсии цветов при большом угле обзора на TFT-мониторах применяют оптический корректор (OCF – Optical Compensation Film), который выравнивает передаточную характеристику ЖК-панели при обзоре по вертикали. Кроме того, многие контроллеры дисплеев раньше использовали 18-битное представление цвета, и чтобы сэмулировать 24-битный цвет (16,7 млн цветов), стали использовать метод цветовой диффузии (Color Diffusion). Невоспроизводимые напрямую полутона получались путем смешения близких основных цветов соседними пикселями. Другой метод (FRC – Frame Rate Control) основан на инертности как самого ЖК, так и глаза наблюдателя. Вместо того, чтобы образовывать полутон соседними пикселями, можно попеременно от кадра к кадру, в соответствии с кадровой развёрткой, изменять цвет пикселя на соседние основные цвета. То есть, для вывода полутона, находящегося между двумя цветами c и $c + 1$, в каждом нечётном кадре выводится цвет c,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

а в каждом чётном $c + 1$. В результате наблюдатель воспримет в качестве цвета пиксела полутон $c + 1/2$. Таким образом, на примере парного FRC-метода получается эмуляция в два раза более широкого цветового пространства (с увеличенной на один бит разрядностью).

а) б) в) г)

Рисунок 7.57 – Общий вид ЖКД и автомобильных мониторов с ЖК-экранами

Для преодоления проблемы искажения цветов при изменении обзора по вертикали компании «Hitachi» и «Fujitsu» предложили различные методы. «Fujitsu» решила разбить рабочую ячейку на две области (MVA – Multi Domain Alignment). Обе области управляются одновременно, но жидкие кристаллы в каждой из них ориентированы по разному, причем при подаче напряжения они разворачиваются в разные стороны.

Для удобства отображения различной информации, улучшения сервиса и повышения комфорта (например, трансляция ТВ-информации) широко применяются автомобильные мониторы с ЖК-экранами (рисунок 7.57, в, г).

ЖК-дисплеи корпорации «Sharp» для мобильных применений отличаются высокой скоростью функционирования, большими углами обзора, работают в широком диапазоне внешней освещённости, характеризуются низким энергопотреблением, имеют небольшие габаритные размеры. ЖК-дисплеи для автомобильной аппаратуры адаптированы к специфическим условиям эксплуатации и диапазону температур, требуемым автомобильной промышленностью. Такие дисплеи применяются, например, в навигационных системах АТС, значительно расширяя их функциональные возможности. Автомобильные дисплеи удобно использовать для комбинированного обслуживания различных систем. ЖК-дисплеи используются для вывода отчетов о текущем техническом состоянии с соответствующими указаниями, комментариями и предупреждениями. Они используются в автомобильных системах для улучшения комфорта пассажиров путем установки на задних сиденьях. Автомобильные ЖК-дисплеи «Sharp» весьма универсальны и могут представлять информацию в виде сигнальных символов, специальных пиктограмм и легко считываемых алфавитно-цифровых знаков. Создаются дисплеи с различными интерфейсами и габаритными размерами,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

обеспечивая гибкость их применения.

Новые технологии в области применения покрытий и специальной обработки поверхности экрана дают высокую яркость и контрастность, а широкий угол обзора создаёт условия для удобного считывания данных.

Размещение ЖКД в автомобиле осуществляют разными способами, зависящими от функционального назначения устройств (рисунок 7.58).

Рисунок 7.58 – Варианты использования ЖКД в бортовом компьютере АТС

Вакуумно-флуоресцентные индикаторы и дисплеи (***VFD*** – Vacuum Fluorescent Displays). Схематически устройство и принцип работы вакуумно-флуоресцентного индикатора показаны на рисунке 7.59. Катод нагревается до температуры несколько сот градусов и излучает электроны, поток которых к аноду управляется сеткой. Анод образован сегментами, которые покрыты флуоресцентным материалом и на которые подаются управляющие электрические сигналы. При подаче сигнала на сегмент он начинает светиться. Вся конструкция собрана в стеклянной колбе, из которой откачан воздух для создания вакуума. Потенциометром в цепи сетки меняются яркость свечения индикатора. Индикатор в зависимости от применяемого флуоресцентного вещества светится желто-зеленым или сине-зеленым светом. Достоинством вакуумных флуоресцентных индикаторов является высокая яркость свечения.

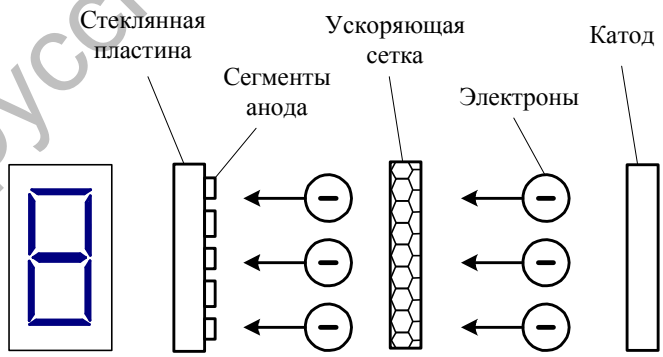


Рисунок 7.59 – Принцип работы вакуумного флуоресцентного индикатора

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Вакуумно-флуоресцентные матричные дисплеи (рисунок 7.60) являются знакосинтезирующими дисплеями, у которых символ отображается матрицей размером n x m точек, где n – число точек строки, m – число точек столбца. В зависимости от модели символ может отображаться матрицей из точек либо комбинацией сегментов. Цвет свечения дисплеев в основном используется сине-зеленый. К преимуществам таких дисплеев следует отнести низкую потребляемую мощность, наличие двух внешних интерфейсов, возможность самотестирования, установки яркости и частоты мигания символов и т. д.

Рисунок 7.60 – Вакуумно-флуоресцентный дисплей со встроенным контроллером и знакогенератором

Наиболее распространены 1–, 2– и 4–строчные дисплеи по 20 и 40 символов в строке. Символ формируется на основе встроенного знакогенератора в матрице (например, 5*7); высота символа может составлять 5, 9, и 11 мм. Встроенный знакогенератор содержит кодовые таблицы ASCII, европейские символы, кириллицу и др. алфавиты. Данные дисплеи могут работать с параллельными интерфейсами «Motorola», «Intel» и «Hitachi», а также через RS-232C.

На рисунке 7.61 показана схема вакуумно-флуоресцентного дисплея.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 7.61 – Схема вакуумно-флуоресцентного дисплея

Развиваются электролюминесцентные (ElectroLuminescent, EL) технологии. Еще в 1937 г. было открыто явление того, что некоторые материалы (например, сульфид цинка) при прохождении тока обладают способностью излучать видимый свет. Однако практическое применение для плоских дисплеев этот эффект нашел спустя почти 50 лет, когда появились тонкопленочные EL-материалы.

Принцип работы *электролюминесцентных дисплеев* (панелей) – ELD, или Electro Luminescent Display, – основан на приложении электрического поля к многослойной структуре из двух электродов (полупрозрачного и алюминиевого) и слою диэлектрика, на который нанесен слой люминесцентного вещества (люминофора). Последний излучает свет под воздействием электромагнитного поля. Обычно слой люминофора состоит из какого-либо полупроводника, играющего роль генератора «разогретых» электронов, и излучающих центров с поглотителями, которыми служат, например, атомы марганца, теллура или меди. Под воздействием высокого напряжения, необходимого для возбуждения люминесценции, происходит пробивание тонкого слоя люминофора. В этой связи обычно конструкция включает в себя два слоя диэлектрика, изолирующих люминофор от прямого контакта с электродами. Нанесение толстого слоя диэлектрика увеличивает надежность конструкции и позволяет масштабировать EL-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

технологию на дисплеи большого формата, повышая яркость (рисунок 7.62).

а) б)

а – с черно-белым экраном; б – с цветным экраном

Рисунок 7.62 – Электролюминесцентные дисплеи

На рисунке 7.63 показано размещение электролюминесцентного дисплея на приборной панели автомобиля.

Существуют *технологии OLED* электролюминесцентных дисплеев на органических светоизлучающих полупроводниках. Уже в самом названии OLED (Organic Light Emitting Diode) содержатся два кардинальных отличия от LCD-технологии: «органический» и «светоизлучающий». Данная технология весьма перспективна; она явилась следующим этапом после LCD.

Основу OLED-матрицы составляют полимерные материалы, их постоянное совершенствование способствует значительному улучшению дисплеев и развитию технологий изготовления матриц.

В настоящее время активно развиваются две наиболее эффективные технологии. Различаются они используемыми органическими материалами: это полимеры (PLED) и молекулы (sm-OLED).

Физически органический электролюминесцентный дисплей представляет собой цельное устройство, состоящее из нескольких тончайших органических пленок, заключенных между двумя проводниками. Подача на эти проводники небольшого напряжения (до 8 вольт) и заставляет дисплей излучать свет. Во-первых, это высокая яркость (до 100 тыс. кд/м^2) и контрастность (до 300:1), что обеспечивает читаемость дисплея в любых условиях. Далее идет компактность и легкость, толщина дисплея не превышает 1 мм (с учетом защитного стекла 2 мм), масса исчисляется граммами. Немаловажным параметром считается и диапазон рабочих температур. OLED-дисплей оказывается работоспособен в

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

широком диапазоне температур окружающей среды (от –30 до +60 ^{0}C). Отличаются OLED-дисплеи хорошей механической прочностью и гибкостью. В отличие от существующих TFT и STN дисплеев, OLED-дисплеи потребляют заметно меньше энергии. По аналогии с другими дисплеями и здесь возможно использование пассивной или активной матрицы.

Рисунок 7.63 – Размещение электролюминесцентного дисплея на приборной панели автомобиля

Пассивная матрица представляет собой простейший двухмерный массив пикселей в виде пересекающихся строк и колонок. Каждое такое пересечение является OLED-диодом, для подсветки которого управляющие сигналы подаются на соответствующие строку и колонку. Чем больше подано напряжение, тем ярче будет светимость пикселя. Напряжение требуется достаточно высокое, вдобавок подобное решение не позволяет создавать эффективные экраны, состоящие более чем из миллиона пикселей. Результат работы пассивной матрицы похож на процессы, происходящие на экране первых ноутбуков, когда курсор мыши, двигающийся по экрану, оставлял за собой длинный, угасающий след.

Более перспективны активные матрицы. Принцип работы подобен LCD. Она имеет двухмерный массив из пересекающихся колонок и линий, однако каждое из их пересечений представляет собой не только светоизлучающий элемент, жидкокристаллическую ячейку или OLED-диод, но и управляющий им транзистор, на который посылается управляющий сигнал. При этом запоминается, какой уровень светимости от ячейки требуется и пока не будет дана другая команда, исправно поддерживается этот уровень тока. Значение напряжения в этом случае требуется куда меньшее, и ячейка куда быстрее реагирует на изменение ситуации.

Широко распространены многоцветные дисплеи на основе излучающих элементов красного, зеленого и желтого цветов.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Восприятие цветов глазом человека подчиняется логарифмическому закону, и он не настолько чувствителен к синему цвету, как к зеленому и красному. Для того, чтобы получить одинаковую интенсивность свечения разных цветов, яркость синего цвета должна быть примерно в 2 раза больше по отношению к зеленому и в 4 раза по отношению к красному. Для этого используют, к примеру, фосфор с широким диапазоном свечения, который необходим для появления синего цвета. Такое решение применяется при создании дисплеев с синим цветом. Освоен выпуск серийных полноцветных дисплеев.

Преимуществом электролюминесцентных дисплеев является стабильность параметров изображения при разных температурах. Так, у жидкокристаллических дисплеев яркость значительно падает при понижении температуры. Кроме того, угол обзора у электролюминесцентных дисплеев остается постоянным при изменениях температуры, а у ЖКД при понижении температуры он уменьшается.

7.10.3 Средства индикации и приборные панели. Получение информации о техническом состоянии АТС и режимах его движения осуществляется с помощью контрольно-измерительных приборов и средств индикации, расположенных на панели приборов.

Приборная панель современного АТС содержит несколько стрелочных устройств и световых индикаторов. При их размещении и компоновке учитывают несколько обстоятельств. Во-первых, в центре панели, находящейся в области повышенного внимания, сосредотачивают средства отображения информации, напрямую связанные с обеспечением безопасности дорожного движения. Во-вторых, функционально связанные приборы и средства индикации группируют в единые блоки. В-третьих, при создании мест размещения тех или иных приборов учитывают частоту обращения к ним водителя.

Развитие автомобильной электроники позволяет создавать современные приборные панели, в которых вместо традиционных электромеханических приборов устанавливаются электронные информационные устройства. Помимо обычных функций, выполняемых электромеханическими приборами, они способны предоставлять водителю информацию в цифровой, графической и текстовой формах. Электронные устройства позволяют синтезировать человеческую речь, анализируют целесообразность и важность передаваемой водителю информации и способны выполнять ряд других интеллектуальных функций. Основными преимуществами электронных средств индикации являются возможность одновременного отображения нескольких параметров, небольшие габаритные размеры и компактность при их размещении, значительное увеличение информативности приборной панели по сравнению с электромеханическими приборами. При этом электронные

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

информационные устройства предоставляют водителю более достоверные данные ввиду повышения точности приборов и перехода на цифровую форму предоставления информации.

При поиске технических решений по оптимальной компоновке приборов на панели в автомобиле учитывают время, затрачиваемое водителем на то, чтобы отвести взгляд от дороги, найти на панели нужный прибор и получить от него информацию. На рисунках 7.25, 7.47, 7.49, 7.63 показаны приборные панели современных АТС.

Поскольку цифровая информация не всегда хорошо усваивается водителем, наряду с цифровыми средствами отображения информации нередко используют электронные аналоговые дисплеи.

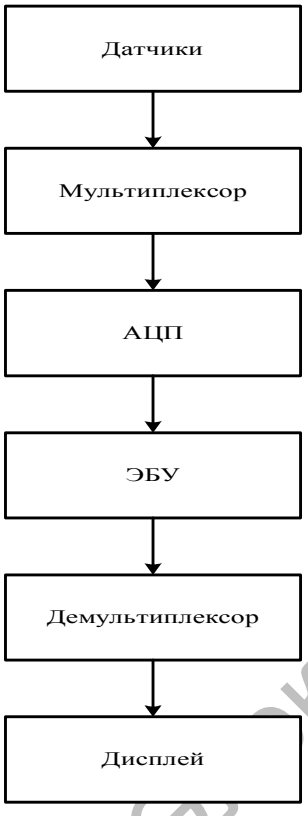


Рисунок 7.64 – Алгоритм работы цифровой системы отображения информации

На рисунке 7.64 показана схема цифровой системы отображения информации. Обработка и логические функции возложены на ЭБУ, к которому подключены стандартные датчики. ЭБУ управляет необходимыми устройствами отображения информации и дисплеем.

ЭБУ допускает конфигурирование системы под конкретную модель АТС. Электронные приборные панели современных автомобилей широко используют микропроцессоры и средства микроэлектроники. В качестве дисплеев приборных панелей используют матрицы на жидких кристаллах и вакуумной флуоресценции.

На рисунке 7.65 показана схема комплексной электронной приборной панели автомобиля. Цифровой индикатор в ней использован в спидометре, а условные графические дисплеи – в тахометре, в указателях уровня топлива и температуры охлаждающей жидкости. Предварительное преобразование сигналов датчиков дает нелинейные характеристики указателей температуры и большую детальность отображения в наиболее ответственных участках рабочего диапазона, недостижимую для электромеханических стрелочных индикаторов. В системе использованы мигающие дисплеи. Применен 8-битовый микропроцессор и интегральные схемы управления дисплеями. Система визуализирует диагностическую информацию.

На рисунке 7.66 показан перспективный 6,5” VGA (640×480 пикселей) дисплей DI3 фирмы Bosch Rexroth, специализирующейся на

Белорусско-Российского университета
Электронная библиотека

автомобильной микроэлектронике.

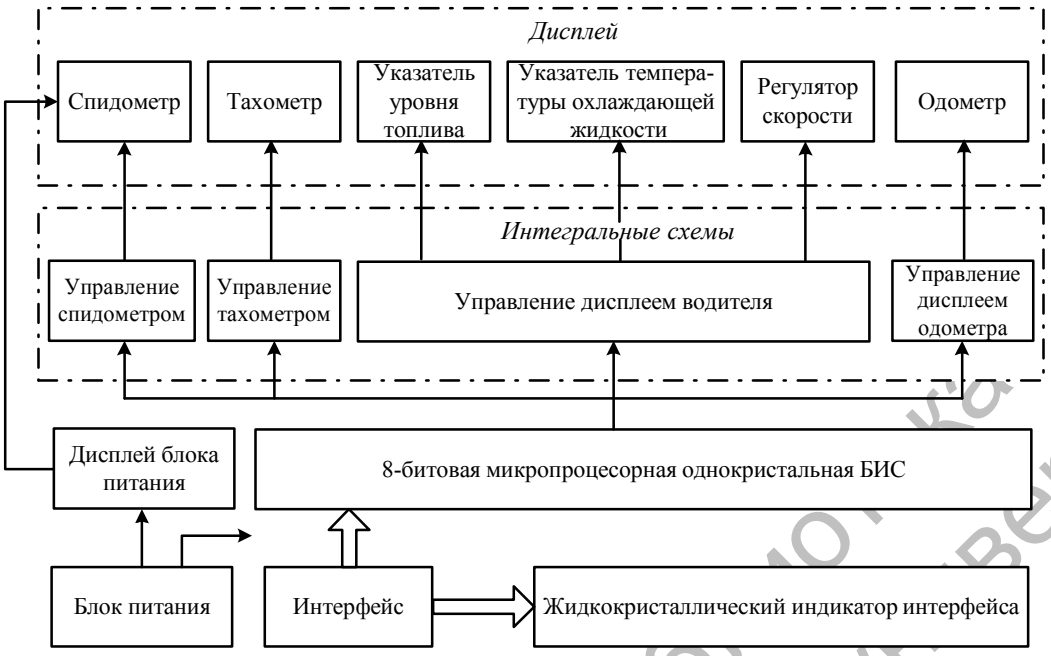


Рисунок 7.65 – Схема микропроцессорной приборной панели

Высокий уровень и динамика визуализации информации данного дисплея обеспечивается посредством High-End графического процессора. Удобство восприятия информации обеспечивается широким дисплеем с равномерным распределением света и антибликовым стеклом. Устройство имеет два CAN интерфейса 2.0 B. Имеются два параллельных видео-входа, обеспечивающие видеообзор на полный либо разделенный экраны с возможностью управления камерами через дисплей.

Рисунок 7.66 – Дисплей фирмы Bosch Rexroth

Устройство является удобным для организации бортового диагностирования (выводится список аварийных сигналов и сообщений, нужная диагностическая информация). Пользователь имеет возможность создания своей программируемой графической среды.

Отображение информации на лобовом стекле. Для одновременного обеспечения безопасности движения и поддержания исправного

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

технического состояния автомобиля водитель вынужден непрерывно принимать компромиссные решения. С одной стороны, внимание водителя должно быть сосредоточено на дорожной обстановке, а, с другой стороны, он обязан периодически следить за показаниями приборов и информацией на панелях. Традиционными способами решения этой проблемы, давно применяемыми на практике, являются подача звуковых или световых сигналов при сопровождении предупреждающей информации, а также рациональное размещение приборов в поле зрения водителя.

Но наиболее совершенным на сегодняшний день методом является отображение информации на лобовом стекле (HUD – head up display). Первоначально эта технология была использована в авиации, когда конструкторы столкнулись с проблемой размещения свыше сотни предупреждающих индикаторов в кабине истребителя.

Принцип отображения информации на лобовом стекле проиллюстрирован на рисунок 7.67. Изображение с проектора (например, посредством жидкокристаллической матрицы) проецируется на стекло, которое после специальной обработки служит полупрозрачным зеркалом. Водитель видит дорогу через это «стекло-зеркало» при включенном или выключенном проекторе.

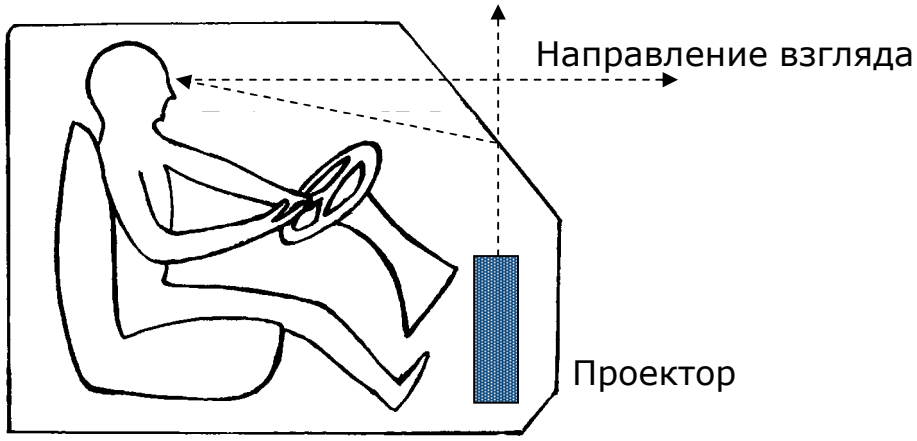


Рисунок 7.67 – Отображение информации на лобовом стекле

Яркость проецируемого изображения автоматически подстраивается под наружное освещение. Вид и количество выводимой на лобовое стекло информации определяет бортовой компьютер в зависимости от ситуации. Например, показания спидометра имеет смысл проецировать постоянно, а индикацию низкого давления топлива рекомендуется осуществлять только в том случае, если это событие произойдет. В качестве дисплеев для вывода предупреждающей информации можно также использовать

Электронная библиотека Белорусского университета

жидкокристаллические зеркала заднего вида, автоматически меняющие коэффициент отражения при освещении их в темное время фарами идущего сзади автомобиля.

Используются также системы, облегчающие водителю ориентирование на местности на основе HUD и синтезатора речи. При этом выдается голосовое сообщение с подсказывающей информацией типа «повернуть налево на следующем перекрестке» с изображением на стекле схемы части пути с указывающей стрелкой.

Перспективны методы, позволяющие определять, куда именно направлен взгляд водителя в каждый момент времени, и проецировать необходимую информацию именно в эту точку на лобовом стекле. Луч лазера отражается от роговой оболочки глаз водителя, что позволяет точно определить, куда именно смотрит водитель. Детектор движения взгляда водителя может также использоваться при определении его самочувствия, эмоционального состояния, степени усталости и т.д.

Перспективные средства отображения информации. Быстрые темпы развития бортовой микроэлектроники приводят к тому, что значительно расширяются функции и возможности средств отображения информации. Причем эти функции становятся все более интеллектуальными.

Появилась возможность управлять потоком информации, предназначенной водителю, с выводом на один и тот же дисплей именно той информации, которая ему необходима и полезна в данный момент времени, с учетом ее важности и приоритетности. Постоянно совершенствуется программное обеспечение бортовых компьютеров. При этом ЭВМ в случае необходимости может прервать обычный процесс вывода информации и сгенерировать на дисплей предупреждающее сообщение типа «давление масла ниже нормы» или «топлива осталось только на 50 км пробега».

Применение программ-синтезаторов речи позволяет делать голосовые сообщения, причем водитель может устанавливать желаемые параметры голоса: мужской или женский, высокий или низкий, громкий или тихий и т. д.

Для трехмерного представления реального объекта используется его голографическое изображение. Здесь применяются лазерные излучатели – проекторы и подходящий экран. Совершенствуется аппаратура, повышающая безопасность движения в темное время суток и в условиях ограниченной видимости. Один из вариантов таков: информация снимается с инфракрасных видеокамер и обрабатывается, а голографическое изображение проецируется на лобовое стекло перед водителем.

Широкое применение глобальных систем местоопределения обеспечивает водителя электронными картами дорог и местности и доступом в Интернет.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

В связи с компьютеризацией всех автомобильных систем информация для водителя о дорожной обстановке, состоянии автомобиля и его механизмов становится более насыщенной и сложной, а иногда может вызывать дискомфортные ощущения у водителя и пассажиров. Поэтому необходимы специальные мероприятия, позволяющие эту информацию дифференцировать и снизить ее негативное влияние на человека с целью повышения безопасности движения.

7.11 Автомобильные навигационные системы (АНС) служат для определения местонахождения транспортного средства (рисунок 7.68).

Рисунок 7.68 – Многофункциональный мультимедийный центр с навигацией (навигационный монитор) и блок навигационной системы

7.11.1 Общие сведения о системах автонавигации. На мировой рынок поставляется ряд разработок автоматизированных следящих систем глобальной системы местоопределения (GPS). Предлагается ряд комплексных решений для любых задач слежения и диспетчеризации. Обычно система слежения состоит из подсистемы бортовой аппаратуры транспортного средства, подсистемы диспетчерского центра и канала связи между ними.

В системах бортовой аппаратуры, объединяющих сигналы бортовых приборов, используются специализированные контролеры, где обеспечивается прием сигналов датчиков, расположенных в автомобиле, и передача их в диспетчерский центр для анализа. Контролер содержит приемник сигналов GPS для определения собственных координат с возможностью подключения внешнего приемника GPS. Для надежного поступления непрерывных данных о местоположении объекта допускается работа совместно с инерциальной навигационной системой. Контролер подключается непосредственно к бортовой радиостанции и содержит

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

модем. Для передачи текстовых сообщений от экипажа транспортного средства диспетчеру используются терминалы – компактные устройства, которые могут быть смонтированы прямо на приборной панели. Для передачи сообщения достаточно нажатия нескольких клавиш на терминале.

В приборе, изображенном на рисунке 7.68, имеется встроенный гирокомпас, позволяющий не только определить скорость, но и найти автомобиль при движении в туннеле, под мостом или в подземном гараже, где связь со спутником GPS не может быть установлена. В комплект устройства входит flash-карта с программой автомобильной навигации, что позволяет ориентироваться на территории крупного города и области, прокладывать маршрут, осуществлять поиск объектов. Для удобства водителя прибор подключается к дополнительной камере заднего вида. В этом случае принимаемое камерой изображение выводится на экран компьютера в обычном и «зеркальном» отражениях.

Современные АНС способны выполнять диагностические функции с записью информации о пройденном ТО, ремонтах, количестве и стоимости топлива. Анализируются издержки владельца автомобиля по его эксплуатации. АНС напомнит о необходимости прохождения ТО, техосмотра и т. д.

Основные навигационные функции: определение координат текущего местоположения с визуализацией на карте; времени прибытия, направления и расстояния до точки назначения; скорости и направления движения, высоты над уровнем моря; точного времени и даты; времени восхода и захода солнца; поиск искомого места или адреса в базе данных; расчет оптимального маршрута движения к намеченной цели; текущая подсказка типа «перекресток за перекрестком» для движения по выбранному маршруту, визуализация движения по маршруту в виде легко читаемой схемы; звуковое (голосовое) предупреждение о приближении к поворотам, важным или опасным местам.

Появление АНС привело к разделению типов их использующих автомобильных компьютеров (рисунок 7.69). Первый тип – это классический автомобильный персональный компьютер на основе традиционных операционных систем (Windows). Причем разработчик (пользователь) самостоятельно создает аппаратную часть и ПО. Сам же компьютер может быть подключен к любым системам автомобиля. Подобная система дает неограниченный выбор ПО. Навигационная система должна иметь полный набор карт любой местности, при этом карты могут быть как векторные, так и растровые, т. е. отсканированные с любого атласа. Однако применение компьютера ограничено возможностями разработчика / владельца.

Второе направление – это «привязка» компьютера к автомобилю, привлечение возможностей маршрутного компьютера с его традиционными функциями по определению топливно-экономических показателей

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

и контрольно-диагностическими функциями. Возможно обеспечить также охранные функции (например, компьютер будет звонить на телефон и голосовым сообщением давать информацию об угонщиках с одновременной отсылкой по Интернету фотографий угонщиков и местных достопримечательностей с точными координатами автомобиля.

Рисунок 7.69 – Типы автомобильных навигационных систем

Таким образом, второй тип – это штатные системы с уже встроенными автомобильными компьютерами. Их преимущества – надежность и легкость управления. Причем системного блока у подобных компьютеров нет – все они имеют модульную структуру. Например, в багажном отделении может размещаться модуль GPS, соединёный с модулем ТВ-тюнера, радиомодулем, модулем цифрового музыкального процессора (DSP) и головным устройством. Связь этих элементов осуществляется по единой шине данных.

В результате увеличиваются возможности современных штатных систем. К функциям АНС добавляются функции маршрутного компьютера, управления подвеской, кондиционером, просмотра TV и т.д. На рисунке 7.70 показано размещение АНС в автомобиле.

Основой для внедрения автонавигации явилось развертывание несколько десятков лет назад спутниковой навигационной системы GPS (Global Positioning System). Задача этой системы – определение с помощью

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

специального приемника-навигатора точных координат местоположения путем регистрации и обработки сигналов от нескольких десятков спутников, вращающихся вокруг земли по фиксированным орбитам. Точность определения положения колеблется от 30 до 80 м для гражданских приборов и от 0,5 до 2 м – для военных.

Рисунок 7.70 – Размещение АНС в автомобиле

Одна из разновидностей GPS-навигаторов – приборы с черно-белым или цветным экраном, где текущее местоположение отображается непосредственно на карте данной местности. Именно эти приборы стали прототипами автонавигаторов путем замены топографической карты на схему дорог или городских улиц. Ввиду ряда преимуществ использования автонавигаторов многие модели АТС выпускаются с уже встроенной навигационной системой. Специфические требования к АНС повлияли на особенности их конструкции – помимо GPS-приемника с выносной антенной они имеют мощный бортовой компьютер с удобным экраном, а также устройство памяти большого объема для хранения атласов и карт целых регионов. Разновидностью автонавигаторов являются приборы, использующие для этих целей notebook или laptop.

Спутниковая навигация широко используется специальными службами, призванными следить за перемещением АТС. Все шире внедряются в практику системы мониторинга за движением средств транспорта с возможностями, предоставляемыми GPS. Их англоязычная терминология – AVLS (Automatic Vehicle Location System) или APRS (Automatic Position Reporting System). Их работа строится по следующему принципу. На АТС устанавливается бортовой комплект аппаратуры, состоящий из GPS-приемника с выносной антенной, блока управления (контролера), интерфейса и радиоприемника / передатчика. GPS-приемник регистрирует сигналы от спутников и определяет текущее местоположение машины. Контролер направляет эти данные передатчику. Последний излучает в эфир соответствующие сигналы, которые напрямую или через

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

сеть ретрансляторов (репитеров) поступают на приемник, находящийся на диспетчерском пульте, а затем – на вход персонального компьютера, снабженного специальным ПО. Это позволяет диспетчеру определить текущее местоположение данного автомобиля на карте города или региона, а также получить дополнительную информацию с установленных на автомобиле датчиков – включен или выключен двигатель, закрыты ли двери и т. п. При необходимости водитель может нажать кнопку тревоги, и компьютер оповестит диспетчера с указанием на карте места, где это произошло. Со своей стороны диспетчер может в любое время запросить информацию о местоположении конкретного автомобиля, состоянии его датчиков, послать сигнал для срабатывания установленных на автомобиле механизмов, например, останавливающих двигатель, закрывающих замки дверей или включающих сирену. Последнее в сочетании со скрытой и защищенной от умышленного вывода из строя установкой бортовой аппаратуры является средством для борьбы с несанкционированным использованием и угоном автомобилей.

7.11.2 Схемы навигации автономных устройств. Выделяют три навигационные схемы:

1) глобальную – определение абсолютных координат устройства при движении по длинным маршрутам;

2) локальную – определение координат устройства по отношению к некоторой (обычно стартовой) точке. Эта схема востребована разработчиками наземных подвижных объектов (роботов), выполняющих миссии в пределах заранее известной области;

3*)* персональную – позиционирование роботом своих элементов и взаимодействие с близлежащими предметами, что актуально для устройств, снабженных манипуляторами.

Системы навигации бывают пассивными и активными. Пассивная система навигации подразумевает прием информации о собственных координатах и других характеристиках от внешних источников, а активная рассчитана на определение местоположения только своими силами. В основном все глобальные схемы навигации пассивные, локальные бывают и теми и другими, а персональные схемы – всегда активные.

Пассивные навигационные схемы. Первые модели подвижных объектов – промышленных роботов – с автономной навигацией, созданные в 60-е гг., передвигались по маршруту, жестко заданному с помощью электрических кабелей, проложенных под полом заводских сооружений. На роботах устанавливались несложные устройства приема электромагнитного излучения кабеля, позволявшие определять направление перемещения. Аппараты могли двигаться по различным маршрутам благодаря тому, что по нескольким кабелям передавался сигнал с разной частотой. Но такая схема была дорогой и негибкой.

С появлением систем машинного зрения от использования кабелей

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отказались и перешли к навигации по флуоресцентным линиям. Робот с помощью камеры отслеживал такую линию и самостоятельно двигался вдоль нее. Использовались и другие типы систем. Например, по маршруту движения на определенной высоте размещались предметы-маркеры заданной формы, которые робот определял с помощью датчиков, «узнавая» тем самым свое местонахождение. Но такая схема навигации основана на нежелательном физическом контакте машины с внешней средой с возможными негативными последствиям. Кроме того, роботы не всегда могли правильно идентифицировать маркеры, а расположение последних приходилось выбирать очень точно. Усовершенствованные модели маркерной навигации были оснащены вначале аналоговыми, а впоследствии цифровыми матричными датчиками, определявшими силу реакции контакта и форму маркера и способными получать от маркеров подробные данные об окружающей среде. Основной недостаток такого решения – необходимость обслуживания маркеров на маршруте.

До 30-х гг. XX столетия навигационные задачи решались с помощью карты, компаса, секстанта, по солнцу, звездам и т. д. В 50-е гг. у летчиков и моряков получила широкое распространение схема навигации по радиомаякам, а когда в 1957 г. в космос был запущен советский «Спутник-1», специалисты Массачусетского технологического института разработали способ измерения параметров его орбиты по изменению спектра передаваемого спутником сигнала. Эта идея легла в основу современных систем спутниковой навигации. Традиционная глобальная спутниковая система GPS, возникшая в 1973 г. усилиями ВМС, ВВС и министерства транспорта США, распространена у разработчиков навигационных систем для автономных роботов. Она относится к категории пассивных глобальных систем.

Возможности GPS-системы расширяются за счет развертывания дополнительных наземных станций: если их координаты известны, то можно на основе GPS-информации определять местоположение объекта с точностью до 2 м.

При разработке систем пассивной локальной навигации используют идею ориентирования на основе искусственных сооружений (например, специальных вышек). Так, подвижный объект, снабженный системой машинного зрения, может довольно точно рассчитать расстояние до вышки по анализу изменения геометрических размеров ее видимого образа. Если же установить искусственные маяки не удается, объект способен самостоятельно выделить статичные элементы окружающей обстановки (высокое дерево, гора) и выполнить привязку к ним своих координат. При возникновении проблем с нахождением ключевых объектов при изменении условий внешней среды (например, уровня освещенности) используются стереокамеры, когда, зная угол зрения каждой из них, вычисляется расстояние до цели. При другом виде пассивной локальной навигации – с

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

помощью радиомаяков – в зоне действий подвижного объекта размещаются источники радиосигналов, которые обрабатываются бортовым микропроцессором. Но так как радиомаяки располагаются в фиксированных точках некоторого маршрута, объект теряет возможность обходить препятствия или выбирать альтернативный путь движения.

Существуют решения на основе непрерывных радиометок – наземная аппаратура генерирует на большой площади сигнал с параметрами, меняющимися в зависимости от удаления от источника. Но они дороги и характеризуются невысокой надежностью в холмистой или городской местности, где сигнал начинает пропадать. Так, система Mini-Ranger Falcon компании Motorola стоит 100 тыс. долл. (из расчета на 20 подключений) и определяет координаты с точностью 2 м на удалении 75 км от генератора. Схожие решения фирмы Harris в минимальной комплектации обойдутся в 30 тыс. долл.

Активные навигационные схемы. Самые известные представители этой группы – инерционные навигационные системы (ИНС). Впервые они были задействованы в немецких ракетах V2, а на рынке появились в 60-х гг. Механические гироскопы измеряют усилие (момент внешней силы), прикладываемое к телу, на котором они размещены, и на этой основе определяют положение тела относительно позиции, с которой началось движение, и его скорость.

В 70-е гг. были созданы относительно небольшие по размерам ИНС, и по сей день применяемые в самолетах, кораблях, военных устройствах наведения. Главный недостаток механических ИНС – накопление ошибок измерения за время активной работы, т. е. чем дольше в движении находится объект, оснащенный ИНС, тем больше будет погрешность в определении координат. Кроме того, ИНС малоэффективны в случаях, когда скорость объекта часто и значительно меняется. Они также неудобны для задач навигации подвижных объектов среднего и малого размеров. Навигационные версии гироскопов должны устанавливаться на стабильной платформе, к тому же цена их высока.

Простейший вариант активного навигационного устройства – одометр. Он периодически определяет скорость вращения колеса и, соответственно, пройденный путь. Но колеса любого автомобиля не идеально ровные, из-за чего реальная длина покрышки всегда будет отличаться от рассчитанной, к тому же они могут прокручиваться вхолостую или проскальзывать на льду, а сам одометр под воздействием внешних и внутренних помех постоянно накапливает ошибки измерения. Однако, несмотря на эти недостатки, данная технология активно применяется. Одометры нового поколения содержат микроволновые радары и более точно измеряют реально преодоленное расстояние. Кроме того, одометры – это иногда единственно возможное навигационное решение (например, при нахождении робота на другой планете).

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Развивается рынок бесконтактных систем локальной навигации, использующих генератор радио-, ультразвуковых и инфракрасных сигналов, а также лазерных дальномеров.

С появлением первых микропроцессоров в 80-е годы началось создание недорогих бортовых систем машинного зрения, что наделило автонавигацию интеллектуальными качествами.

Гибридные навигационные схемы располагают значительно большими интеллектуальными возможностями. Гибридная бортовая система управления подвижным объектом использует ряд навигационным средств с оценкой окружающей обстановки, анализом выполняемого задания и принятием решений. Объект пытается построить собственный образ среды, в которой ему приходится действовать, самостоятельно формирует маршрут и движется по нему, постоянно сопоставляя свою карту пространства с данными, полученными от устройств навигации.

Существующие интеллектуальные строят двумерные карты области, в которой движутся. Для этого применяются лазерные дальномеры в комбинации с ультразвуковыми генераторами и инерционными системами. Но с помощью ультразвука удается получить лишь весьма нечеткие образы, к тому же скорость звука варьируется, зависит от множества факторов и невысока. А из-за ограниченности плоской модели мира роботы нередко попадают в логические тупики, и на возвращение таких объектов в строй уходит довольно много времени. Более перспективно формирование точных геометрических моделей на основе информации, предоставляемой устройствами визуального наблюдения (машинного зрения) высокого разрешения и системами распознавания объектов.

Существует концепция абстрактного описания окружающего мира. В ее рамках подвижный объект не использует предопределенные модели пространства и исследует внешний мир, не переводя его в формальное, смысловое или топографическое представление, отмечая в ходе исследования характерные признаки наиболее выделяющихся элементов внешней среды для идентификации своего местоположения. При этом значительно совершенствуются системы автоматического обучения и классификации. Концепция реализована для роботов, путешествующих внутри зданий. Так, робот «Scout» (Швеция), оборудованный 16 сонарами и сверхмощным процессором, способен в замкнутом пространстве перемещаться с достаточно высокой для подобных систем скоростью, равной 1 м/с.

Интересно решение на основе идеи динамической модификации среды, когда робот, определив точную координату некоторой точки, помечает ее радиомаяком. Для этого он использует службу персональной навигации, позиционируя свои элементы друг относительно друга и ближайших предметов. Причем система обратной связи «рука – глаз», в которой в качестве глаза используется группа подвижных видеокамер с несколькими степенями свободы, способна определять местоположение

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

руки-манипулятора и позиционировать ее с точностью до миллиметра.

Продолжается исследование биологических систем навигации. Птицы и насекомые прекрасно ориентируются в пространстве и способны преодолевать большие расстояния, не отклоняясь от курса. Механизм данных процессов пока неизвестен. Полагают, что животные каким-то образом реагируют на изменение магнитного поля Земли, уровня гравитации, температуры, концентрации различных примесей в воздухе, улавливают тончайшие оттенки запахов, звуков, воспринимают свет в широком диапазоне спектра и т. д. При этом «логическая часть» живых организмов, обрабатывающая подобные сигналы, несложна – например, мозг пчелы состоит всего из 800 тыс. нейронов. Остается только понять, как устроены столь чувствительные биологические датчики.

Компания Centeye (http://www.centeye.com) разработала небольшой автономный самолет, оснащенный системой машинного зрения собственного производства. Специализированный чип, реализующий алгоритмы нейронных сетей, выполняет промежуточную интеллектуальную обработку мощного потока информации от видеокамер. Благодаря этому бортовая система получает уже готовые распознанные образы, передача которых требует пропускной способности всего в несколько килобайтов в секунду. Специалисты компании планируют «научить» самолет летать по узким и извилистым тоннелям. Через 10–15 лет предполагается на основе подобных аппаратных нейрорешений построить множество автономных механизмов.

7.11.3 Портативные АНС. Примеры автомобильных навигационных систем. Пример портативной АНС – автомобильный GPS-навигатор TiBO A1000 класса PND (Personal Navigation Device) с предварительно установленным специальным навигационным ПО (рисунок 7.71). Устройство выполнено в оригинальном корпусе с интегрированными светодиодными указателями, которые также выполняют функцию указателей поворотов при сопровождении по маршруту. Система снабжается высококонтрастным 3,5 или 4-дюймовым сенсорным ЖКД вместе с интегрированным 20-канальным GPS-приемником и имеет ПО с постоянным обновлением карт требуемых регионов с возможностью загрузки карт практически всего мира.

Рисунок 7.71 – Портативная АНС TiBO A1000

Планирование маршрута осуществляется по нескольким точкам с мгновенной оптимизацией. Прокладка индивидуального определенного маршрута с множеством промежуточных точек происходит всего за несколько секунд. Предусмотрен режим изменения маршрута в случае

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

отклонения от первоначального. Имеются функции объезда заторов и пошаговый просмотр «легенды» маршрута с указанием всех улиц, расстояний и маневров. Прибор располагает интеллектуальной интерактивной картой, обеспечивая ее просмотр в 2D и 3D («с высоты птичьего полета») режимах. Предусмотрено автоматическое изменение масштаба и угла наклона изображения в зависимости от скорости движения и расстояния до ближайшего маневра. Возможны голосовые и графические подсказки в режиме сопровождения по маршруту, дублируемые аппаратными указателями поворота. Функции поиска: нахождение нового адреса, посещенных мест или объектов городской инфраструктуры; использование журнала маршрутов для экономии времени и др. Высокое разрешение и улучшенный пользовательский интерфейс совместно с удобным сенсорным экраном дают визуальное ощущение традиционных бумажных карт на экране компьютера. Предусмотрены пошаговые голосовые и графические подсказки на различных языках, включая английский и русский.

На рисунке 7.72 показаны различные варианты исполнения АНС.

Рисунок 7.72 – Варианты исполнения портативных АНС

Портативный прибор Mitac C310 класса PND – автомобильный навигатор с расширенными мультимедийными возможностями. Прибор имеет большой объем памяти (512 Mb ROM, 64 Mb RAM) (рисунок 7.73). GPS-приемник может обрабатывать информацию от 20 спутников одновременно. Поставляемое в комплекте навигационное ПО с картами может работать в 2D и в 2,5D режимах. В последнем пользователь лучше видит то, что находится по ходу движения, включая наземные ориентиры, дорожные развязки и т. д.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Рисунок 7.73 – Портативный автомобильный навигатор Mitac C310

Портативный автомобильный навигатор Mitac C510 класса PND является персональной навигационной системой, которая легко устанавливается в салоне автомобиля и также легко демонтируется для использования вне АТС. Устройство построено на основе процессора с тактовой частотой 400 МГц, что обеспечивает работу с требовательным в плане ресурсов навигационным ПО и картами. При весе всего в 174 г прибор достаточно компактен. Он оснащен сенсорным дисплеем с горизонтальной ориентацией и имеет встроенную память объемом 512 Мб (или выше) для дополнительных карт. Прибор имеет Bluetooth-интерфейс, что обеспечивает беспроводную систему громкой связи для мобильного телефона. Возможности мультимедиа: MP3-плеер, стерео-выход, диктофон, встроенный микрофон, GPS-приемник.

На рынке известен также портативный многофункциональный автомобильный навигатор GlobalSat GV–370 класса PND.

Существует семейство мультимедийных многофункциональных центров модели Carman (рисунок 7.74). Так, устройства Carman i CA 400 с GPS-навигацией снабжены 6.5" жидкокристаллическими дисплеями с активной матрицей. Навигационная система Carman i CX 210 выполнена с 7-дюймовым сенсорным монитором, встроенным GPS-приемником и широкими мультимедийными возможностями. Дисплей 7" Wide TFT LCD, разрешение 480×234, TFT активная матрица.

Навигационная GPS система Siemens VDO Dayton MS5200 обладает высокой точностью навигации благодаря использованию как данных GPS-приемника, так и показаний встроенного гироскопа и сигналов штатного датчика скорости автомобиля. Она имеет большую производительность компьютера и широкий выбор мониторов. С навигационным компьютером PC 5200 можно использовать практически любой мультимедийный монитор. Базовые характеристики: навигация с помощью пиктограмм и голосовых команд; голосовые команды на 12 языках; 5.8" ЖКД с антибликовым покрытием; автоматическая коррекция яркости экрана; встроенный динамик. Основные технические характеристики: навигация с помощью пиктограмм и голосовых команд; планирование маршрута; анализ дорожной ситуации; настраиваемый режим коррекции маршрута по

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

объездным дорогам и по общей дорожной ситуации; режим расчета альтернативных и объездных маршрутов; маршрутный компьютер.

На рисунке 7.75 показана мобильная АНС BLAUPUNKT Travel Pilot Lucca компании Blaupunkt, одного из производителя автомобильных мультимедийных систем.

Рисунок 7.74 – Семейство навигационных систем модели Carman

Рисунок 7.75 – Мобильная навигационная система

Белорусский государственный университет

Полезно знать протяжение нашего познания (Локк, XVII в.)

Заключение

Перспективы развития науки на транспорте

Пути дальнейшего совершенствования научно-технического прогресса и научного знания. Научно-технический прогресс не стоит на месте, а динамично и плодотворно развивается. Автоматизация и компьютеризация повсеместно входит в наш мир и нашу технику, машины и механизмы, средства передвижения. И никогда от этого процесса не денешься: таковы воля научно-технического прогресса и новейшее веяние времени.

В ближайшее время науку на транспорте ждут очередные успехи.

Прогнозируется значительное приращение научных знаний в сфере автомобилестроения с привлечением новых идей и концепций при условии их быстрой практической реализации.

Активное использование научных и общефилософских методов, ориентация науки в сторону практики, стремление молодых ученых эффективно реализовать свой творческий и научный потенциал – вот основные пути совершенствования научно-технического прогресса и научного знания.

На основе современного программного обеспечения и повсеместной компьютеризации применяется технология «сквозного проектирования», когда автоматически контролируется полный жизненный цикл создания изделия: его конструкторская, технологическая проработка и процесс изготовления, эксплуатация в соответствующих хозяйствах вплоть до утилизации. При этом от идеи, концепции, дизайна до технического вердикта на основе виртуальных или реальных испытаний проходит очень мало времени – не годы и десятилетия, как раньше, а всего несколько месяцев и недель. При этом значительно ускоряется процесс и улучшается качество создания новой техники.

Перспективы развития науки в автомобилестроении. Отечественное автотракторостроение и сельскохозяйственное машиностроение ориентировано в основном на внешние рынки. Конкурировать приходится с крупными мировыми фирмами. В этой связи прогнозируется активное использование и внедрение на заводах автомобиле- и тракторостроения новых и новейших технологий. Продолжает плодотворно реализовываться

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Государственная научно-техническая программа «Белавтотракторостроение».

Осваивается производство сотен видов базовых моделей изделий подвижных объектов: карьерных самосвалов, автобусов, грузовых автомобилей, тракторов, а также специальной техники, строительно-дорожных и коммунальных машин. Появляются в стране целые отрасли – автобусостроение и лесохозяйственное машиностроение, а также зерноуборочное комбайностроение. Для создания конкурентоспособной техники, обладающей высоким техническим уровнем, начинают активно использоваться современные наукоемкие и информационные технологии с автоматизацией на основе технологий искусственного интеллекта, когда машина наделяется человекоподобными функциями, самообучением, адаптацией.

Завершают данную монографию слова Героя Беларуси академика М.С. Высоцкого, сказанные им на первом съезде ученых: нам нужно Запад **«обогнать, не догоняя»**. Эта фраза – реальное руководство к действию для развития и совершенствования отечественного автомобилестроения.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Список литературы

1 **Ахметов, М.** 16-разрядные микроконтроллеры Hitachi, Mitsubishi, Motorola, NEC, Toshiba // Chip News. – 2000. – № 5. – С. 3–11.

2 **Батищев, Д. И.** Генетические алгоритмы решения экстремальных задач / Д. И. Батищев. – Воронеж : ВГТУ, 1995. – 65 с.

3 **Богатырев, А. В.** Автомобили / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский, В.А. Чернышов. – М. : Колос С, 2004. – 496 с.

4 **Ветлинский, В. Н.** Бортовые автономные системы управления автомобилями / В. Н. Ветлинский, А. А. Юрчевский, К. Н. Комлев. – М. : Транспорт, 1984. – 189 с.

5 **Воронин, В. В.** Диагностические проверки и их логические формы / В. В. Воронин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. – № 9. – С. 9–14.

6 **Гаврилова, Т. А.** Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2000. – 384 с.

7 **Гаврилова, Т. А.** Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем / Т. А. Гаврилова, К. Р. Червинская – М. : Радио и связь, 1982. – 200 с.

8 **Гаскаров, Д. В.** Интеллектуальные информационные системы / Д. В. Гаскаров. – М. : Высш. шк., 2003. – 431 с.

9 Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в внештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды / В. А. Геловани [и др.]. – М. : Эдиториал УРСС, 2001. – 304 с.

10 **Гируцкий, О. И.** Проблема развития автобусостроения и пути ее решения : автореф. дис. . . д-ра техн. наук. – М. : 2000. – 48 с.

11**Гируцкий, О. И.** Электронные системы управления агрегатами автомобиля / О. И. Гируцкий, Ю. К. Есеновский-Лашков, Д. К. Поляк. – М. : Транспорт, 2000. – 213 с.

12 **Горбань, А. Н.** Нейронные сети на персональном компьютере / А. Н. Горбань, Д. А. Россиев. – Новосибирск : Наука, 1996. – 276с.

13 **Горбань, А. Н.** Обучение нейронных сетей / А. Н. Горбань. – М. : ПараГраф, 1990. – 160 с.

14 **Гордон, Дж.** Автоматические коробки передач. Диагностика и ремонт / Дж. Гордон. – СПб. : Алфомер Паблишинг, 2004. – 392 с.

15 **Джордж, Ф.** Основы кибернетики / Ф. Джордж. – М. : Радио и связь, 1984. – 312 с.

16 **Дьяконов, В.** Математические пакеты расширения MATLAB : спец. справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2001. – 480 с.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

17 **Егоров, А. Н.** Использование наукоемких технологий при создании новой техники на Белорусском автозаводе / А. Н. Егоров // Горный журн. – 2004. – С. 45–46.

18 **Есеновский-Лашков, Ю. К.** Современные концепции автоматизации механических трансмиссий грузовых автомобилей / Ю. К. Есеновский-Лашков, Д. Г. Поляк // Автомобильная промышленность. – 1996. – № 12. – С. 6–12.

19 **Загидуллин, Р. Ш.** LabView в исследованиях и разработках / Р. Ш. Загидуллин. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 352 с.

20 **Захаров, В. Н.** Современная информационная технология в системах управления / В. Н. Захаров // Изв. академии наук. Теория и системы управления. – 2000. – № 1. – С. 70–78.

21 **Змитрович, А. И.** Интеллектуальные информационные системы / А. И. Змитрович. – Минск : ТетраСистемс, 1997. – 368 с.

22 **Ивахненко, А. Г.** Моделирование сложных систем: информационный подход / А. Г. Ивахненко. – Киев : Наукова думка, 1987. – 136 с.

23 **Иносе, Х.** Управление дорожным движением / Х. Иносе, Т. Хамада. – М. : Транспорт, 1983. – 248 с.

24 Интеллектуальные сети связи / Б. Я. Лихтциндер [и др.]. – М. : Эко-Трендз, 2002. – 206 с.

25 Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования больших и сверхбольших интегральных микросхем / В. А. Мищенко [и др.] ; под ред. В.А. Мищенко. – М. : Радио и связь, 1988. – 272 с.

26 Информационная технология. Термины и определения. – Минск : Белстандарт, 1995. – 14 с.

27 Искусственный интеллект : в 3 кн. Кн. 1. Системы общения и экспертные системы : справочник / Под. ред. Э. В. Попова. – М. : Радио и связь, 1990. – 464 с.

28 Искусственный интеллект : в 3 кн. Кн. 2. Модели и методы : справочник / Под. ред. Д. А. Поспелова. – М. : Радио и связь, 1990. – 304 с.

29 Искусственный интеллект : в 3 кн. Кн. 3. Программные и аппаратные средства : справочник / Под. ред. В. Н. Захарова. – М. : Радио и связь, 1990. – 368 с.

30 **Калинин, А. В.** Технология нейросетевых распределённых вычислений : монография / А. В. Калинин, С. Л. Подвальный. – Воронеж: : Воронеж. гос. техн. ун-т, 2004. – 122 с.

31 **Карпиевич, Ю. Д.** Бортовое диагностирование тормозных систем автомобилей / Ю. Д. Карпиевич. – Минск : Технопринт, 2002. – 220 с.

32 **Климонтович, А. В.** Применение нечеткой логики для управления движением автономного робота / А. В. Климонтович // Обработка динамической информации в интеллектуальных системах. – М., 1992. –

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

С. 120–133.

33 **Козлов, Ю. М.** Адаптация и обучение в робототехнике / Ю. М. Козлов. – М. : Наука, 1990. – 248 с.

34 **Комашинский, В. И.** Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В. И. Комашинский, Д. А. Мирнов – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 94 с.

35 **Косенков, А. А.** Диагностика автоматических коробок передач и трансмиссий / А. А. Косенков. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 224 с.

36 **Красневский, Л. Г.** Управление гидромеханическими многоступенчатыми передачами мобильных машин / Л. Г. Красневский. – Минск : Наука и техника, 1990. – 256 с.

37 **Круглов, В. В.** Интеллектуальные информационные системы : компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода / В. В. Круглов, М. И. Дли. – М. : Изд-во физ.-мат. литературы, 2002. – 256 с.

38 **Круглов, В. В.** Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов.– М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.

39 **Круглов, В. В.** Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. – М. : Изд-во физ.-мат. литературы, 2001. – 224 с.

40 **Крылов, Е. Е.** 16-разрядные Flash микроконтроллеры семейства F2MC-16LX фирмы Fujitsu / Е. Е. Крылов // Автоматизация. – 2003. – № 6. – С. 11–13.

41 **Кузин, Л. Т.** Основы кибернетики: Основы кибернетических моделей / Л. Т. Кузин. – М. : Энергия, 1979. – Т. 2. – 584 с.

42 **Кузнецов, В. Е.** Представление в ЭВМ неформальных процедур / В. Е. Кузнецов. – М. : Наука, 1989. – 158 с.

43 **Кук, Д.** Компьютерная математика / Д. Кук, Г. Бейз. – М. : Наука, 1990. – 384 с.

44 **Купеев, Ю. А.** Информационный обмен в системах автоэлектроники / Ю. А. Купеев, Л. Г. Пахомов // Автомобильная промышленность. – 1996. – № 11. – С. 29–31.

45 **Ксеневич, И. П.** Теория и проектирование автоматических систем / И. П. Ксеневич, В. П. Тарасик. – М. : Машиностроение, 1996. – 480 с.

46 Краткий словарь когнитивных терминов / Е. С. Кубрякова [и др.]. – М., 1996. – 245 с.

47 **Курейчик, В. М.** Генетические алгоритмы : монография / В. М. Курейчик. – Таганрог : ТРТУ, 1998. – 242 с.

48 **Леоненков, А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ–Петербург, 2003. – 736 с.

49 Логический подход к искусственному интеллекту : от класси-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

ческой логики к логическому программированию / Под ред. А. Тейза. – М. : Мир, 1990.– 432 с.

50 **Лорьер, Ж.-Л.** Системы искусственного интеллекта : пер. с фр. / Ж.-Л. Лорьер. – М. : Мир, 1991. – 568 с.

51 **Лохин, В. М.** Интеллектуальные системы управления: понятия, определения, принципы построения / В. М. Лохин, В. Н. Захаров // Мехатроника. – 2001. – №2. – С. 27–35.

52 **Макаров, И. М.** Интеллектуальные робототехнические системы: принципы построения и примеры реализации / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М. П. Романов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. – №11. – С. 14–23 ; № 12 – С. 41–51.

53 Интеллектуальные робототехнические системы: тенденции развития и проблемы разработки / И.М. Макаров [и др.] // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. – №9. – С. 22–35.

54 Принципы организации интеллектуального управления мехатронными системами / И.М. Макаров [и др.] // Мехатроника. – 2001. – № 1. – С. 29–38.

55 **Макаров, И. М.** Теория выбора и принятия решений / И. М. Макаров. – М. : Наука, 1987. – 350 с.

56 **Маковский, В. А.** Базы знаний (экспертные системы) / В. А. Маковский, В. И. Похлебаев. – М. : Изд–во стандартов, 1993. – 37 с.

57 Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П. Л. Мариев [и др.]. – СПб. : Наука, 2004. – 429 с.

58 **Мельников, А. А.** Управление техническими объектами автомобилей и тракторов. Системы электроники и автоматики / А. А. Мельников. – М. : Академия, 2003. – 376 с.

59 **Мелихов, А. Н.** Проектирование микропроцессорных средств обработки нечеткой информации / А. Н. Мелихов ; отв. ред. М. А. Фалькович. – Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та. –1990. – 126 с.

60 **Мелихов, А. Н.** Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой / А. Н. Мелихов, Л. С. Берштейн, С. Я. Коровин. – М. : Наука, 1990. – 272 с.

61 **Метлюк, Н. Ф.** Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей / Н. Ф. Метлюк, В. П. Автушко. – М. : Машиностроение, 1980. – 231 с.

62 Методы и средства автоматизации психологических исследований / Под ред. Ю. М. Забродина. – М. : Наука, 1982. – 300 с.

63 **Водовозов, В. М.** Микропроцессорные системы программного управления / В. М. Водовозов, Б. Г. Коровин, Л. Н. Рассудов. – СПб. : Энергоатомиздат, 1994. – 249 с.

64 **Хвощ, С. Т.** Микропроцессоры и микроЭВМ в системах автома-

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

тического управления : справочник / С. Т. Хвощ, Н. Н. Варлинский, Е. А. Попов. – М. : Машиностроение, 1987. – 640 с.

65 **Милсум, Дж.** Анализ биологических систем управления / Дж. Милсум. – М. : Мир, 1978. – 502 с.

66 **Миронов, В. Н.** Микропроцессорные устройства промышленной электроники / В. Н. Митронов. – М. : Мос. энерг. ин-т. – 1986. – 68 с.

67 Многоцелевые гусеничные шасси / В. Ф. Платонов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1998. – 342 с.

68 **Мочальский, Е. Г.** «Power Panel» – интеллектуальные панели оператора – совмещенные визуализация и PLC / Е. Г. Мочальский // Автоматизация. – 2003. – № 5.

69 **Налимов, В. В.** Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков / В. В. Налимов. – Томск : Водолей, 2003. – 368 с.

70 **Нариньяни, А. С.** Недоопределенность в системах представления и обработки знаний / А. С. Нариньяни // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. –1986. – № 5. – С. 3–28.

71 Научные основы организации управления и построения АСУ / Под. ред В. П. Бройдо, В. С. Крылова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1990. – 320 с.

72 **Никифоров, А. Л.** Философия науки: История и методология / А. Л. Никифоров. – М. : Дом интеллектуальной книги, 1998. – 280 с.

73 **Ноэль Мулуд.** Анализ и смысл : пер. с франц. / Мулуд Ноэль. – М. : Прогресс, 1979. – 347 с.

74 Основы инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1986. – 448 с.

75 **Осуга, С.** Обработка знаний : пер. с япон. / С. Осуга. – М. : Мир, 1989. – 198 с.

76 **Петрушин, В. А.** Экспертно-обучающие системы / В. А. Петрушин. – Киев : Наук. думка, 1992. – 196 с.

77 **Попкова, Н. В.** Введение в философию техники / Н. В. Попкова. – Брянск : БГТУ, 2006. – 316 с.

78 **Поспелов, Д. А.** Япония продолжает удивлять мир: искусственный интеллект в конце XX века / Д. А. Поспелов // Новости искусственного интеллекта. – 1997. – № 2. – С. 51–73.

79 **Поспелов, Г. С.** Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии / Г. С. Поспелов. – М. : Наука, 1988. – 280 с.

80 Прикладные нечеткие системы : пер. с яп. / К. Асаи [и др.]. – М. : Мир, 1993. – 342 с.

81 Приобретение знаний / Под ред. С. Осуги, Ю. Саэки. – М. : Мир, 1990. – 304 с.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

82 **Гудвин, Г. К.** Проектирование систем управления / Г. К. Гудвин, С. Ф. Гребе, М. Э. Сальгадо. – М. : Бином, 2004 – 912 с.

83 **Рейуорд-Смит, В. Дж.** Теория формальных языков : пер. с англ. / В. Дж. Рейуорд-Смит. – М. : Радио и связь, 1988. – 128 с.

84 **Рутковская, Д.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : пер. с польск. / Д. Рутковская, М. Пилинский, Ц. Рутковский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.

85 **Рынкевич, С. А.** Автоматизация управления большегрузными автомобилями / С. А. Рынкевич // Изв. Белорусской Инженерной Академии. – 2004. – № 1 (17). – С. 12–15.

86 **Рынкевич, С.А.** Адаптация характеристик управления энергетическими режимами автомобиля на основе нечеткой логики и обучающихся нейронечетких сетей // Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2007. – №2 (15). – С. 17–22.

87 **Рынкевич, С. А.** Адаптивные системы управления АТС / С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 6. – С. 36–38.

88 **Рынкевич, С. А.** Анализ эффективности нечеткого управления автотранспортным средством / С. А. Рынкевич // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 1 (18). – С. 41–46.

89 **Рынкевич, С. А.** Интеллектуальные системы управления тормозами / С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 1. – С. 14–16.

90 **Рынкевич, С. А.** Метод диагностирования гидроприводов, основанный на нечеткой логике / С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2007. – № 6. – С. 32–35.

91 **Рынкевич, С. А.** Метод нейронечеткой идентификации неисправностей гидромеханических передач автомобилей / С. А. Рынкевич // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2007. – № 3 (16). – С. 15–22.

92 **Рынкевич, С. А.** Метод нейронечеткой идентификации технического состояния гидромеханических передач / С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 8. – С. 30–32.

93 **Рынкевич, С. А.** Моделирование автомобиля с гидромеханической передачей / С. А. Рынкевич, С. В. Кузнецов // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 2 (9). – С. 146–151.

94 **Рынкевич, С. А.** Моделирование адаптивной системы управления автомобилем с гидромеханической трансмиссией / С. А. Рынкевич // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2005. – С. 34–39.

95 **Рынкевич, С. А.** Моделирование технических объектов с помощью теории нечетких множеств / С. А. Рынкевич // Изв. Белорусской Инженерной Академии. – 2003. – № 1 (15). – С. 27–31.

96 **Рынкевич, С. А.** Общетехнические и философские проблемы

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

автоматизации технических объектов / С. А. Рынкевич // Вестн. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2007. – С. 86–93.

97 **Рынкевич, С. А.** Синтез адаптивных систем управления автотранспортных средств с применением нечеткой логики / С. А. Рынкевич // Перспективные технологии, материалы и системы : сб. науч. тр. – Могилев, 2005. – С. 321–327.

98 **Рынкевич, С. А.** Создание систем распределенного микропроцессорного управления энергетическими режимами автомобилей / С. А. Рынкевич, В. П. Абрашкин // Интерстроймех–2002 : сб. науч. тр. – Могилев, 2002. – С. 189–193.

99 **Рынкевич, С. А.** Создание электронных систем управления и диагностирования для мобильных машин / С. А. Рынкевич // Сб. тр. науч.-метод. конф., посвященной 45-летию Белорусско-Российского ун-та. – Могилев, 2007. – С. 3–7.

100 **Рынкевич, С. А.** Системы диагностирования автосамосвалом с гидромеханическими передачами ведущих фирм / С. А. Рынкевич, А. А. Славинский // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 3 (20). – С. 30–39.

101 **Саати, Т.** Анализ иерархических процессов / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 315 с.

102 **Соснин, Д. А.** Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных бортовых автомобилей / Д. А. Соснин. – М. : СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.

103 **Соснин, Д. А.** Новейшие автомобильные электронные системы / Д. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.

104 **Степин, В. С.** Философия науки и техники / В. С. Степин, В. Г. Горохов, М. А. Розов. – М. : Гардарика, 1996. – 400 с.

105 **Тарасик, В. П.** Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Минск : Технопринт, 2004. – 512 с.

106 **Тарасик, В. П.** Математическое моделирование технических систем / В. П. Тарасик. – Минск : Дизайн ПРО, 2004. – 640 с.

107 **Тарасик, В. П.** Интеллектуальная система управления автомобилем / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2002. – № 2. – С. 10–13.

108 **Тарасик, В. П.** Интеллектуальные системы управления ГМП / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 6. – С. 38–40.

109 **Тарасик, В. П.** Интеллектуальные системы управления ГМП / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 7. – С. 38–39.

110 **Тарасик, В. П.** Методология синтеза алгоритмов управления

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

гидромеханической трансмиссией автомобиля на основе теории нечетких множеств / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Мехатроника. – 2001. – № 1. – С. 39–46.

111 **Тарасик, В. П.** Мехатронные интеллектуальные системы управления гидромеханическими передачами автомобилей на основе нечеткой логики (обзор зарубежных технических решений) / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2003. – № 7. – С. 25–33.

112 **Тарасик, В. П.** Некоторые аспекты создания интеллектуальных систем управления автомобилями / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Грузовик. – 2002. – № 3. – С. 27–28.

113 **Тарасик, В. П.** Обеспечение безопасности и надежности при автоматизации управления автотранспортными средствами на основе интеллектуальных систем / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Изв. Белорусской Инженерной Академии. – 2001. – № 2 (12). – С.15–21.

114 **Тарасик, В. П.** Проблемы диагностирования автотранспортных средств и пути их решения / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2007. – № 1 (14). – С. 57–66.

115 **Тарасик, В. П.** Проблемы создания интеллектуальных систем управления автотранспортными средствами / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн навук. – 2001. – № 3. – С. 37–51.

116 **Тарасик, В. П.** Структура компьютерной технологии функционального проектирования автомобилей / В. П. Тарасик // Перспективные технологии, материалы и системы : сб. науч. тр. – Могилев : МГТУ, 2003. – С. 377–383.

117 **Тарасик, В. П.** Технологии искусственного интеллекта в диагностировании автотранспортных средств / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – 280 с.

118 **Тарасик, В. П.** Теоретические аспекты проблемы автоматизации автотранспортных средств / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич // Вестн. МГТУ. – 2001. – № 1. – С. 164–172.

119 **Трахтенгерц, Э. А.** Компьютерная поддержка принятия решений /Э. А. Трахтенгерц. – М. : Синтег, 1998. – 376 с.

120 **Уинстон, П.** Искусственный интеллект : пер. с англ. / П. Уминстон. – М. : Мир, 1980. – 520 с.

121 **Уоссермен, Ф.** Нейрокомпьютерная техника / Ф. Уоссермен. – М. : Мир, 1992. – 184 с.

122 Управление в условиях неопределенности / Под ред. А. Е. Городецкого. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2002. – 398 с.

123 Философия и методология науки / Под ред. В. И. Купцова. – М. : Аспект-Пресс, 1996. – 552 с.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

124 Философский словарь / Под ред. И. Т. Фролова. – 5-е изд. – М. : Политиздат, 1987. – 588 с.

125 **Харитонов, С. А.** Автоматические коробки передач / С. А. Харитонов. – М. : Астрель, 2003. – 336 с.

126 **Хайкен, С.** Нейронные сети: полный курс : пер с англ. / С. Хайкен. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2006. – 1104 с.

127 **Хакен, Г.** Информация и самоорганизация : Макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен. – М. : Мир, 1991. – 240 с.

128 **Хартли, Р. В. Л.** Передача информации. В кн.: Теория информации и ее приложения / Пер. под ред. А.А. Харкевича. – М.: Физматгиз, 1969. – 305 с.

129 **Цаленко, М. Ш.** Моделирование семантики в базах данных / М. Ш. Цаленко. – М. : Наука, 1989. – 288 с.

130 **Цыпкин, Я. З.** Основы информационной теории идентификации / Я. З. Цыпкин. – М. : Наука, 1984. – 520 с.

131 Человеко-машинные системы и анализ данных // РАН. Ин-т проблем передачи информации : сб. науч. тр. – М. : Наука, 1992. – 174 с.

132 **Четвериков, В. Н.** Базы и банки данных / В. Н. Четвериков, Г. И. Ревунков, Э. Н. Самохвалов. – М. : Высш. шк., 1987. – 210 с.

133 **Шевкопляс, Б. В.** Микропроцессорные структуры. Инженерные решения : справочник / Б. В. Шевкопляс. – М. : Радио и связь, 1990. – 512 с.

134 **Шенк, Р.** Обработка концептуальной информации / Р. Шенк. – М. : Энергия, 1979. – 344 с.

135 **Шеннон, Р.** Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М. : Мир, 1978. – 87 с.

136 **Шеннон, К.** Работы по теории информации в кибернетике : пер. с англ. / К. Шеннон. – М., 1963. – С. 243–332.

137 **Шилейко, А. В.** Введение в информационную теорию систем / А. В. Шилейко, В. Ф. Кочнев, Ф. Ф. Химушин. – М. : Радио и связь, 1985. – 278 с.

138 **Шнейдерман, Б.** Психология программирования: Человеческие факторы в вычислительных и информационных системах : пер. с англ. / Б. Шнейдерман. – М. : Радио и связь, 1984. – 303 с.

139 **Штовба, С. Д.** Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С. Д. Штовба. – Киев : Вища шк., 2002. – 268 с.

140 **Эйдинов, А. А.** Новые рубежи автомобильных электроники и электрооборудования / А. А. Эйдинов // Автомобильная промышленность. – 1994. – № 1. – С. 12–15.

141 **Эйкхофф, П.** Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М. : Мир, 1975. – 120 с.

142 Экспертные системы для персонального компьютера: методы, средства, реализации : справ. пособие. – Минск : Выш. шк., 1990. – 197 с.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

143 Экспертные системы. Принципы работы и примеры / Под ред. Р. Форсайта. – М. : Радио и связь, 1987. – 350 с.

144 Экспертные системы: состояние и перспективы / Под ред. Д. А. Поспелова. – М. : Наука, 1989. – 152 с.

145 **Элти, Дж.** Экспертные системы: концепции и примеры / Дж. Элти, М. Кумбс. – М. : Финансы и статистика, 1987. – 191 с.

146 Электроника : энцикл. словарь / Под ред. В. Г. Колесникова. – М. : Сов. энцикл., 1991. – 688 с.

147 **Ютт, В. Е.** Электронные системы управления ДВС и методы их диагностирования / В. Е. Ютт, Г. Е. Рузавин. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 104 с.

148 **Ющенко, А. С.** Адаптивная система нечеткого управления движением мобильного робота // А. С. Ющенко, Д. В. Киселев, В. В. Вечканов // Мехатроника. – 2001. – № 1. – с. 20–26.

149 **Яглом, А. М.** Вероятность и информация / А. М. Яглом, И. М. Яглом. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1973. – 511 с.

150 **Янг, С.** Системное управление организацией / С. Янг. – М. : Советское радио, 1972. – 230 с.

151 **Яковлев, В. Ф.** Диагностика электронных систем автомобиля / В. Ф. Яковлев. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 272 с.

152 **Tarasik, V. P.** An intelligent system for power modes control of trucks with hydro-mechanical transmission / V. P. Tarasik, S. A. Rynkevich // Motor Vehicles and Engines: XII International scientific symposium. – Kragujevac, 2002. – P. 27–30.

153 **Anderson, M.** Intelligence and development : A cognitive theory / M. Anderson. – Oxford (UK); Cambr. (Mass.) : Blackwell, 1992. – 241 p.

154 An integrated approach to automotive safety systems // Automotive Engineering International. – September. – 2000. – P. 1–6.

155 Applied Fuzzy Sistems / T. Terano, K. Asai, V. Seguno // AP Professional. – 1994. – 302 p.

156 A system-safety process for «by-wire» automotive systems // Automotive Engineering International. – September. – 2000. – P. 8–12.

157 Automotive electric / electronic system (SAE Society of Automotive Engineers). – 1995. – 380 p.

158 A system-safety process for by-wire automotive system // SAE Technical paper series. – 2000.

159 Bosch. CAN Specification. Version 2.0 / Robert Bosch GmbH. Postfach 50, D-7000 Stuttgart 1, 1991. – 72 p.

160 **Denton, T.** Automobile electrical and electronic systems / T. Denton. – 2-nd edition. – Society of Automotive Engineers, Inc. – 2000. – 412 p.

161 **Fenton, B.** Fault diagnosis of electronic systems (using artificial

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

intelligence) / B. Fenton, M. McGinnity, L. Maguire // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine. – 2002. – № 9. – P. 16–20.

162 **Fransman, M.** Japan Computer and Communications Industry. The Evolution of Industrial Giants and Global Competitiveness. Oxford University Press / M. Fransman. – 1995. – 540 p.

163 **Fukuda, T.** Gelluar Robotics and Micro Robotic Systems / T. Fucuda, T. Ueyama. – World Scientist, 1994 – 267 p.

164 Fuzzy and neural hybrid expert systems: synergetic AI / M. Funabashi [et al.] // AI in Japan. IEEE Expert. – 1995. – P. 32–40.

165 Funfgangautomatik von ZF // Autohaus. – 1990. – № 7. – P. 140.

166 **Jacobsen, H. A.** A generic architecture for hybrid intelligent systems / H. A. Jacobsen // IEEE Fuzzy Systems. Ancourage. Alaska. – 1998. – P. 709–714.

167 **Jamaguch, Jack.** Nissan Electronically controlled five-speed automatic transmission / Jack. Jamaguchi // Automot. Eng. – 1989. – № 9. – P. 59–60.

168 **Herrmann, C.** A hybrid fuzzy-neural expert system for diagnosis / C. Herrmann // Proc. of IJCAI. Montreal. – 1995. – P. 1–10.

169 **Kato, Yoshiaki.** Advanced Component Technology of Automatic Transmission with Electro-hydrolic Controls / Yoshiaki Kato // J. Soc. Automot. Eng. Jap.– 1989. – № 8. – P. 26–30.

170 **Lhotská, L.** Efficiency enhancement of rule-based expert systems / L. Lhotská, T. Vlcek // Proc. of the 15th IEEE CBMS. – 2002. – P. 1063–1068.

171 **Luo, R. C.** The development of object-oriented knowledge base and adaptive motion planning for autonomous mobile robots / R. C. Luo, M. H. Lin, Sh. H. Shen // Proc. of the 2001 IEEE/RSJ ICIRS. Maui. – 2001. – P. 108–113.

172 A hybrid intelligent system for fault detection in power systems / H. Mori [et al.] // Proc. of IEEE IJCNN. Honolulu. – 2002. – Vol. 2. – P. 2138–2143.

173 **Negoita C. V.** Cybernetics and applied systems / C. V. Negoita. – New York : M. Dekker, 1992. – 358 p.

174 **Beale, M.** Neural Network Toolbox User Guide / M. Beale, H. Demuth. – Natick : Mathworks, 1997. – 700 p.

175 **Nicholson, D.** Allison automatic transmission for public service vechicles / D. Nicholson. – Paper C 143/77 IME, Cranfield, – 1977.

176 **Nonaka, I.** The knowledge-creating company : how Japanese companies create the dynamics of innovation / I. Nonaka, H. Takeuchi. – New York : Oxford University Press, 1995. – 284 p.

177 **Nonaka, I.** Managing industrial knowledge: creation, transfer and utilization / I. Nonaka, D. J. Teece. – London ; Thousand Oaks, Calif. : Sage Publications, 2001. – 344 p.

178 **Prentzas, J.** A web-based ITS controlled by a hybrid expert system / J. Prentzas, I.Hatzilygeroudis, C.Koutsojannis // Proc. of IEEE ICALT. – 2001. –

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

P. 239–240.

179 **Sivathasan, S.** ECG Diagnosis using neural network and fuzzy expert system / S.Sivathasan, F. Cecelja, W. Balachandran // Proc. of PREP'99. UMIST. Manchester. – 1999. – P. 340–343.

180 Structuring computational fluid dynamic analysis systems / Hopcroft Robert G // Numer. Meth. Laminar and Turbulent Flow. Proc. 3 Int. Conf., Seattle. – 8–11 Aug. 1983. Swansea. – P. 1173–1183.

181 **Terano, T.** Applied Fuzzy Systems, AP Professional / T. Terano, K. Asai, V. Sugeno. – 1994. – 302 p.

182 The future of automotive electronics // Automotive Engineering International. – October. – 2000. – P. 152–154.

183 **Wiriyacoonkasem, S.** Adaptive learning expert system / S. Wiriyacoonkasem, A. Esterline // IEEE. – 2000. – P. 445–448.

184 **Xin, Yao** Promises and Challenges of Evolvable Hardware / Yao Xin, T. Higuchi // International Conf. On Evolable Systems: from Biology to Hardware. Tsucuba. – 1996. – 24 p.

185 **Yager, R.** Essentials of Fuzzy Modeling and Control / R. Yager. – New York : Wiley, 1994. – 388 p.

186 **Yager, R.** A. Fuzzy sets, neural networks, and soft computing / R. Yager, L.Zadeh. – New York : Van Nostrand Reinhold Co., 1994. – 404 p.

187 Power system security assessment using a hybrid expert system/neural network architecture / H. H. Yan [et al.] // Proc. of IEEE. ISCS. – New York, 1992. – P. 1713–1716.

188 **Zadeh, L. A.** Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility / L. A. Zadeh // Fuzzy Sets and systems. – 1978. – Vol. 1. – P. 3–28.

189 **Zadeh, L. A.** Fuzzy sets and their application to pattern clasification and cluster analysis, in : Classification and Clustering (Ed. by J. Van Ryzin) / L. A. Zadeh // Academic Press. – 1977. (Russian translation: Clussificatsija i cluster.- Moscow, Mir. – 1980. – P. 208–247).

190 **Zadeh, L. A.** Fuzzy sets. – Information and Control / L. A. Zadeh. – 1965. – 8, 3, 338–353.

191 **Zadeh, L. A.** A fuzzy-set-theoretic interpretation of linguistic hedges. – Journal of Cybernetics / L. A. Zadeh. – 1972. – 2, 3, 4–34.

192 **Zadeh, L. A.** Fuzzy algorithms.– Information and Control / L. A. Zadeh. – 1968. – 12, 94–102.

193 **Zadeh, L. A.** Fuzzy Languages and their relation to human and machine Intelligence, in : Proc. Int. Conference on Man and Computers / L. A. Zadeh. – 1970. Basel (Ed. by S. Karger) 1972. – P. 130–165.

194 **Zadeh, L. A.** Discussion: Probability theory and fuzzy logic are complementary rather than competitive / L. A. Zadeh // Technometrics. – 1995. – Vol. 37, 3. – P. 271–276.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

195 **Zadeh, L. A.** Quantitative fuzzy semantics/ L. A. Zadeh. – Information Sciences. – 1971. – 3, 159– 176.

196 **Zadeh, L. A.** Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes.- IEEE Trans. Syst. Man. Cybern / L. A. Zadeh – 1973. – 1, 28–44.

197 **Zadeh, L. A.** Similarity relations and fuzzy orderings. – Inform. Sciences / L. A. Zadeh. – 1971. – Vol. 3. – P. 177– 200.

198 **Zadeh, L. A.** New frontiers in fuzzy logic // Proceedings of VI IFSA World Congress, Sao Paulo, Brasil / L. A. Zadeh. – 1995. – Vol. 1. – P. 1– 2.

199**Zadeh, L. A.** Fuzzy logic = computing with words. – IEEE Trans. on Fuzzy Systems / L. A. Zadeh. – 1996. – Vol. 4, 2. – P. 103– 111.

200 **Zadeh, L. A.** Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic / L. A. Zadeh // Fuzzy Sets and Systems, 90. – 1997. – P 111–127.

201 **Zhang, Y. J.** A servey on evaluation methods for image segmentation / Y. J. Zhang // Pattern Recognition. – 1996. – Vol. 29, 8. – P. 1335–1346.

202 **Zhu, Zhaohong.** Determination of vehicle velocity and oil consumption according to highway alignment / Zhaohong Zhu, Tianran Jing // T. Fongiji Univ.– 1989. – № 4. – P. 427–435.

203 **Xin, Yao.** Promises and Challenges of Evolvable Hardware / Yao Xin, T. Higuchi // International Conf. On Evolable Systems: from Biology to Hardware. Tsucuba. – 1996. – 24 p.

204 Разработать математические модели, провести исследования и анализ процессов функционирования гидравлических приводов системы управления механизмами самосвалов грузоподъемностью 45…60 т и разработать рекомендации по их совершенствованию: отчет о НИР (заключ.) / МГТУ; рук. В.П. Тарасик; исполн. : Н.Н. Горбатенко [и др.] Могилев, 2000. – 52 с. – № ГР 2000224.

205 **ГОСТ 25478–91.** Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 32 с.

206 **ГОСТ 30241.1–96.** Системы контроля и управления электронные для автотракторной техники. Общие технические условия. – Минск : Межгосуд. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 30 с.

207 **ГОСТ 30537–97.** Самосвалы карьерные. Общие технические условия. – Минск : Межгосуд. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 22 с.

208 **СТБ ИСО 2575–2001.** Транспорт дорожный. Символы для органов управления, индикаторов и сигнальных устройств. – Минск : Госстандарт, 2002. – 44 с.

209 **Пат. 5522 РБ, МПК В 60 К 41/06.** Система автоматического

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

управления гидромеханической трансмиссией / С.А. Рынкевич [и др.] ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 14.02.2000 ; опубл. 30.09.03. – 12 с.

210 **Пат. 5082 РБ, МПК В 60 К 41/06.** Система автоматического управления гидромеханической трансмиссией / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 18.11.1999 ; опубл. 30.03.03. – 8 с.

211 **Пат. 7276 РБ, МПК В 60 К 41/06.** Способ адаптивного управления энергетическими режимами автотранспортного средства / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 22.10.2002 ; опубл. 30.06.04. – 5 с.

212 **Пат. 7330 РБ, МПК В 60 К 41/06.** Способ адаптивного управления энергетическими режимами автотранспортного средства / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 24.07.2002 ; опубл. 30.03.04. – 8 с.

213 **Пат. 8007 РБ, МПК В 60 К 41/06.** Способ интеллектуального управления энергетическими режимами автотранспортного средства и система для его реализации / С. А. Рынкевич ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 4.02.2003 ; опубл. 30.04.06. – 16 с.

214 **Пат. 9142 РБ, МПК В 60 К 41/00.** Способ интеллектуального управления энергетическими режимами мобильной машины / С. А. Рынкевич ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 28.10.2004 ; опубл. 30.04.07. – 11 с.

215 **Пат. на полезную модель 3421 РБ, МПК В 65 К 41/00.** Система адаптивного интеллектуального управления энергетическими режимами мобильной машины / В. П. Тарасик [и др.]. ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 11.08.2006 ; опубл. 30.04.07. – 10 с.

216 **Пат. 11050 РБ, МПК В 60 W 10/00.** Способ адаптивного управления энергетическими режимами транспортного средства / В. П. Тарасик [и др.]. ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 28.03.2007 ; опубл. 30.08.08. – 8 с.

217 **Пат. 10960 РБ, МПК В 60 W 10/00.** Устройство управления фрикционами автоматической гидромеханической передачи / В. П. Тарасик [и др.] ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 19.02.2007 ; опубл. 30.08.08. – 6 с.

218 **Пат. 11076 РБ, МПК В 60 W 10/00.** Способ интеллектуального управления и диагностирования транспортного средства / С. А. Рынкевич. ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 27.07.2006 ; опубл. 30.08.08. – 17 с.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

Оглавление

Предисловие……. 3

Благодарности ……..…….. 5

Используемые сокращения……..…… 6

Введение ……..... 7

1 Тенденции развития науки на транспорте ……... 9

1.1 Специфика развития науки на транспорте……... 9

1.2 Наука в современном техногенном мире. Роль научно-технического прогресса в развитии науки …..... 10

2 **Наука и научное знание. Особенности технического научного знания** …… 13

2.1 Специфика научного познания. Роль науки в познании……..... 14

2.2 Динамика научного познания. Особенности построения научных теорий в современной науке …… 22

2.3 Особенности технического научного знания. Структура, формирование и развитие технической теории ……..……..……... 27

2.4 Интуиция как вид иррационального в науке …….…… 51

2.5 Научный язык ……..…….. 52

2.6 Традиции и новации в научно-техническом развитии …..…… 58

3 Уровни исследования и методы научного познания. Технологии моделирования и проектирования технических объектов 61

3.1 Категории научного знания и познания……..…… 61

3.2 Понятие метода. Виды методов…… 69

3.3 Методология научно-технического творчества ……. 83

3.4 Моделирование и автоматизированное проектирование транспортных объектов……..... 89

4 Проблемы науки в транспортном автомобилестроении……. 155

4.1 Общие проблемы науки и техники. Основные проблемы науки в транспортном автомобилестроении. Проблема автоматизации подвижных объектов……. 155

4.2 Прикладные задачи науки в транспортном автомобилестроении …. 158

4.3 Автоматизация управления транспортными средствами и их механизмами. Традиционные методы автоматизации, их основные ограничения и недостатки …….. 166

5 Информационные технологии …….. 172

6 Пути и методы решения основных проблем науки на транспорте……. 191

6.1 Современные направления решения проблем науки на транспорте……. 191

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

6.2 Использование при решении научных проблем на транспорте новых методов сбора и преобразования информации. Нечеткая логика. Искусственные нейронные сети. Генетические алгоритмы и технологии эволюционного моделирования……. 194

6.3 Автоматизация автотранспортных средств с использованием интеллектуальных систем управления и диагностирования…….. 230

6.4 Использование новейших технологий и перспективных методов в автомобилестроении. Автомобильная электроника, мехатроника и автотроника ……..... 235

6.5 Тенденции в автоматизации и направления развития автомобильной микроэлектроники...…….. 236

7 Пути и методы решения основных проблем науки на транспорте……. 239

7.1 Управление и диагностирование: решение проблем и выход на новый уровень……. 239

7.2 Применение интеллектуальных и информационных технологий в автоматизации управления и диагностирования ……... 243

7.3 Новые методы диагностирования гидромеханических передач... 246

7.4 Устройства сбора информации: традиционные и новые ……. 254

7.5 Системы повышения комфорта ……. 258

7.6 Бортовые компьютеры…….. 261

7.7 Интеллектуальные каналы передачи информации……. 272

7.8 Системы повышения безопасности……. 304

7.9 Диагностические и информационные контрольно-диагностические системы……. 308

7.10 Средства отображения информации ……. 320

7.11 Автомобильные навигационные системы ……. 340

Заключение …… 352

Список литературы…… 354

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета