

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

А.М. Пищухин, Г.Ф. Ахмедьянова

**ТЕХНОЛОГИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
– ДВА АСПЕКТА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНИКИ**

Монография

Рекомендовано к изданию ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург

2019

УДК 621.0

ББК 30.1

П 36

Рецензент - доктор технических наук, профессор Н.А. Соловьев

Пищухин А.М.

П 36

Технологизация и автоматизация – два аспекта совершенствования техники: монография /А.М. Пищухин, Г.Ф. Ахмедьянова ; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 149 с.
ISBN

Монография посвящена анализу представлений о технологизации, как замене старому термину механизации, и автоматизации технологии на современном уровне. В частности исследуются вопросы о начале технологизации с творчества и предшествовании и даже вхождении ее в процесс автоматизации.

Работа предназначена для обучающихся по направлениям подготовки 27.04.03 Системный анализ и управление, 27.04.04 Управление в технических системах. Она может быть так же полезна преподавателям и аспирантам.

УДК 621.0
ББК 30.1

© Пищухин А.М.,
Ахмедьянова Г.Ф., 2019
© ОГУ, 2019

ISBN

Содержание

Введение.....	6
1 Технологизация	7
1.1 Теоретические основы технологизации.....	7
1.1.1 Основные понятия и определения.....	8
1.1.2 От творчества к технологии.....	9
1.1.3 Классификация технологий	10
1.2 Проектирование технологии.....	12
1.2.1 Этапы проектирования	12
1.2.2 Принципы проектирования.....	16
1.2.3 Производительность и качество продукции	19
1.2.4 Взаимозаменяемость.....	22
1.2.5 Модульность.....	24
1.2.6 Технологичность	25
1.3 Основные тенденции в технологическом проектировании	28
1.3.1 Миниатюризация.....	28
1.3.2 Компьютеризация	33
1.3.3 Интеллектуализация	34
1.4 Примеры технологических реализаций.....	40
1.5 Технологии будущего.....	57
1.5.1 Космические технологии.....	57
1.5.2 Нанотехнологии	59
1.5.3 Биотехнологии.....	63
1.5.4 Интеллектуальные технологии.....	65
1.6 От технологизации к автоматизации	67

2 Автоматизация.....	68
2.1 История автоматики.....	68
2.2 Синтез системы управления	77
2.2.1 Основы теории управления.....	79
2.2.2 Показатели качества управления.....	89
2.2.3 Синтез регулятора.....	97
2.2.4 Синтез оптимальной системы управления.....	97
2.2.5 Синтез адаптивной системы управления	103
2.2.6 Синтез цифровой системы управления	104
2.2.7 Управление абстрактным объектом.....	108
2.3 Основы теории автоматизации	119
2.4 Целесообразность обусловлена экономикой	124
2.5 Целесообразность обусловлена социальным эффектом	125
2.6 Целесообразность обусловлена новым качеством	126
2.6.1 Экзоскелет.....	126
2.6.2 Приборы, совершенствующие зрение.....	127
2.6.2.1 Телескопы	127
2.6.2.2 Микроскопы.....	128
2.6.2.3 Приборы ночного видения	128
2.6.2.4 Телевидение	128
2.6.3 Тактильные ощущения. Искусственная кожа	129
2.6.4 Электронный нос.....	130
2.6.5 Микрофоны.....	131
2.6.6 Искусственный интеллект.....	131
2.6.7 Киборги	140

2.6.8 Робототехника	140
2.6.9 Транспорт.....	142
2.6.10 Самовосстанавливающиеся и самовоспроизводящиеся системы.....	142
Вместо заключения	143
Список использованных источников	144

Введение

Комплексная автоматизация, механизация – все реже встречаются эти термины. И, хотя автоматизация еще на слуху, каждый понимает под этим что-то свое. Например, очень часто можно услышать сочетание «автоматизация управления». Но ведь автоматизация и есть процесс замены человека в операциях управления и поэтому это сочетание звучит как «масло – масляное». Обсудить эти понятия, наполнить их современным смыслом и призвана эта работа. В соответствии с названием в работе выделены две главы, в первой из которых предлагается сменить понятие механизации на технологизацию, поскольку первый этап создания любой техники – это разработка технологии. Хотя автоматизация вынесена в отдельную главу, все же нужно понимать, что она неотделима от технологии и даже ее включает, точно так же как любая система управления включает объект управления.

Работа предназначена в первую очередь для магистрантов направлений 27.04.03 Системный анализ и управление и 27.04.04 Управление в технических системах. Однако обсуждаемые в ней проблемы могут быть так же полезны бакалаврам, преподавателям, магистрантам и аспирантам в области автоматизации и управления технологических процессов и производств.

1 Технологизация

1.1 Теоретические основы технологизации

Механизацию технологического процесса рассматривают «как первый этап автоматизации. В соответствии со стандартом [1] этот термин означает: применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях, полностью управляемых людьми, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции». Похожим образом «стандарт определяет автоматизацию как: применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях для их выполнения и управления ими без непосредственного участия людей, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции. Пояснение этих определений» можно найти у А.А Воронова в теории управления [2]. Здесь технологический процесс предлагается рассматривать в виде совокупности операций двух видов. Один вид операций направлен на преобразование, переработку, трансформирование объекта технологического процесса: сырья, материала, заготовок, энергии, информации. Такие операции названы технологическими, соответственно, замена человека в этих операциях названа механизацией. Другой вид операций связан с координацией, поддержанием заданных значений технологических параметров, дозированием, синхронизацией. Это – операции управления, и замена человека в них называется автоматизацией.

В современных условиях термин механизация можно считать устаревшим – ведь далеко не все операции механические и должны быть механизированы. Ведь замену человека в операциях обработки информации вычислительной технике нельзя называть механизацией. С другой стороны, задача этапа механизации, как первого этапа по применению энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях, связана с порождением, проек-

тированием технологии, уходом от «ручного» производства, поэтому, на наш взгляд, здесь необходимо применить термин технологизация [3].

Справедливости ради необходимо отметить, что слово механизм иногда переводят с греческого как некое ухищрение, что довольно близко к методу, к технике и в этом смысле мы уходим от механики и спектр применения понятия механизация возрастает.

1.1.1 Основные понятия и определения

Технологизация в соответствии со своим предназначением опирается на фундаментальные и прикладные исследования – достижения в механике, электричестве, оптике, химии и др.

Технология производства какого-либо изделия связана с воздействием на объект технологизации – сырье, материалы, заготовки, энергию, информацию с целью изготовления продукции или оказания услуг. Для производства или оказания услуги организуются процессы, связанные с воздействием на сырье, материалы, энергию, информацию. Это воздействие может быть: механическим (резание, обработка давлением, перемешивание), химическим (воздействие реагентом, катализатором), электрическим (нагрев, сварка, гидролиз), тепловым (нагрев, охлаждение), оптическим (отверждение, изменение свойств, радиационное воздействие), биологическим и др.

Основу технологии составляет применяемое для ее реализации оборудование, которое и служит средством передачи энергии неживой природы технологическому процессу. Непосредственное воздействие на объект технологии осуществляют инструменты, выполняющие с помощью оборудования необходимые в соответствии с технологией действия. При этом средством дополнительного закрепления, позиционирования и удержания объекта технологии могут исполнять различные приспособления.

В зоне воздействия протекают определенные процессы: механические, тепловые, электрические, химические, оптические, биологические, которые так

же преобразуют объект технологии в целевое состояние. Все процессы характеризуются значениями параметров, которые называются технологическими режимами.

Хотя в информационных технологиях обрабатываемая информация является абстрактным объектом, все же она строго увязана с физическим состоянием электронных устройств и в этом смысле можно рассматривать процессы, протекающие в аппаратной части вычислительной техники как осуществление технологии обработки информации.

Соблюдение временного графика проведения технологического процесса в отношении переключений, начала и останова операций, достигаемых величин технологических параметров относится к знаниевой составляющей технологического процесса. Этим знаниям можно придать форму компьютерной программы.

Как видим, технология есть взаимодействие многих элементов как целой системы с эмерджентным свойством в виде целевого результата. Системность – это неотъемлемое свойство как природы, так и человеческого мышления, позволяющее более полно, глубоко, всесторонне и самое главное во времени и в развитии рассматривать возникающие проблемы. Системный подход к процессам технологизации и автоматизации является важным инструментом инженеров – проектировщиков сложных систем [4].

Таким образом, в общем случае *под технологией понимают совокупность оборудования, приспособлений, инструментов, процессов, действий, материалов, технологических режимов и, самое главное, знаний того как их применить, как получить целевой результат.*

1.1.2 От творчества к технологии

На вопрос: что является диалектической противоположностью технологии, не всякий быстро найдет ответ. Ответ можно найти с помощью анализа – противоположностью технологии является творчество. В соответствии с зако-

ном Гегеля о единстве и борьбе противоположностей они едины как формы – обе направлены на получение результата, но они же и противоположны по содержанию процесса получения этого результата. При технологическом подходе – если выбрано необходимое работоспособное оборудование, качественные инструменты и приспособления, выдерживаются заданные технологические режимы – на выходе технологического процесса гарантированно получается продукция в нужном количестве и заданного качества. При творческом подходе продукция получается в процессе акта творения, то есть на вдохновении, озарении, зачастую неповторимо и при отсутствии гарантий в отношении сроков, качества и количества. Следующий вопрос, который возникает при таком двухаспектном подходе к производственному процессу: что первично, а что вторично – технология или творчество? Вся история развития человечества говорит, что творчество должно начинать этот процесс. Например, «человек, в древние века, может даже случайно, мять глину, уронил ее в костер и получил крепкий керамический предмет, полезный для складирования продуктов. В следующий раз он вылепил предмет уже больше похожий на чашу, затем многократно повторял приемы ее изготовления до того момента, что по мере отработки и научения, творчество плавно перешло в технологию. Такой же процесс происходит и сегодня применительно к новым изделиям и материалам, когда в процессе творческого - научного поиска рождаются новые технологии» [5].

1.1.3 Классификация технологий

Любая наука начинается с классификации. С другой стороны, технология, как и ее противоположность – творчество, присутствуют в любом виде человеческой деятельности и, следовательно, количество выделяемых типов технологий очень велико, они даже могут быть предметом продажи (в экономике существует такое понятие как трансфер технологий), что только повышает роль их классификации.

Количество и наполнение выбранных классов будут зависеть от признака,

положенного в основу классификации.

Наиболее крупный уровень деления представляется образованием двух самых больших классов: земные или космические технологии и, если некоторые земные насчитывают сотни лет практики использования (например, технологии виноделия), то космические появились семьдесят лет назад, а интенсивно развиваются лишь последние пятьдесят.

Самая широкая классификация может быть проведена по предназначению технологий: информационные, машиностроительные, транспортные, строительные, электротехнические, ядерные, химические, пищевые, биотехнологии, сельскохозяйственные, медицинские, социальные или PR-технологии, образовательные (педагогические) и так далее.

В соответствии с выделением в экономике двух больших классов экономических процессов: производство и обслуживание - можно выделить технологии изготовления продукции и технологии обслуживания людей или техники. С другой стороны, в экономике наибольшей известностью пользуется система классификации технологий Джоан Вудворд — британской исследовательницы управления. Изучая производственные фирмы, она обнаружила, что все производственные технологии можно разделить по масштабу на три категории.

1. Технологии единичного, мелкосерийного или индивидуального производства, где в год изготавливается только одно изделие либо небольшое количество одинаковых изделий.

2. Технологии массового или крупносерийного производства применяются при изготовлении большого количества изделий, которые идентичны друг другу или очень похожи.

3. Технологии непрерывного производства, которые используют автоматизированное оборудование, работающее круглосуточно для непрерывного изготовления одинакового по характеристикам продукта в больших объемах. Сюда относится, например, переработка нефти, сталелитейное и медеплавильное производство, работа электростанций.

Известна так же классификация Джеймса Томпсона, включающая три

категории: долгосвязанные, промежуточные и интенсивные технологии.

Упомянутая масштабность и применение производственного оборудования позволяют выделить промышленные технологии и отличать их от ручного производства, или от ручной работы.

Принятие во внимание масштаба технологических операций позволяет выделить макро-, микро- и нанотехнологии. Причем последние предусматривают манипулирование на уровне отдельных атомов вещества.

Интенсивное развитие искусственного интеллекта добавляет к имеющимся технологиям признак интеллектуальных. Их противоположность можно назвать автоматическими технологиями по аналогии с человеком, когда он работает либо «на автомате» либо подключает мозг.

Новизна технического решения позволяет выделить новые, неопробованные и, с другой стороны, отработанные, проверенные технологии. Иногда говорят о высоких технологиях и даже называют их прорывными, имея в виду, что именно такие технологии предоставляют стране технологическое превосходство, так же как отсутствие таких технологий делает страну технологически отсталой.

1.2 Проектирование технологии

Как выяснено выше, самая сложная задача технологизации превратить процедуру получения результата из творчества в технологию. Такое превращение можно провести с помощью проектирования. Проектирование можно разделить на два класса: проектирование конструкции и проектирование технологии. И хотя эти процессы близки, небольшие отличия все же имеются. Остановимся более подробно на проектировании технологии.

1.2.1 Этапы проектирования

Процесс проектирования можно представить следующей схемой - рисунок 1. Проектирование начинается с глубоких, научных исследований, имею-

щих двух целевое назначение: выявить человеческую потребность, с одной стороны, выгодную, с другой - возможную к реализации. На основе выгоды находится заказчик (инвестор) и разработчик в тесном взаимодействии с ним формулирует техническое задание на проектирование. Техническое задание, таким образом, есть результат компромисса между разработчиком и заказчиком по поводу технико-экономических показателей будущего объекта проектирования.

Далее возможность реализации объекта проектирования обеспечивает множество подбираемых технических реализаций в целом и/или по частям объекта проектирования. Если речь идет о проектировании технологии, то ее принято разбивать на совокупность операций, каждой из которых необходимо для технической реализации подобрать, оборудование, инструмент, приспособления, технологические режимы и все остальное в соответствии с технологическими требованиями. На схеме рисунка 1 в блоке сравнения, помеченном

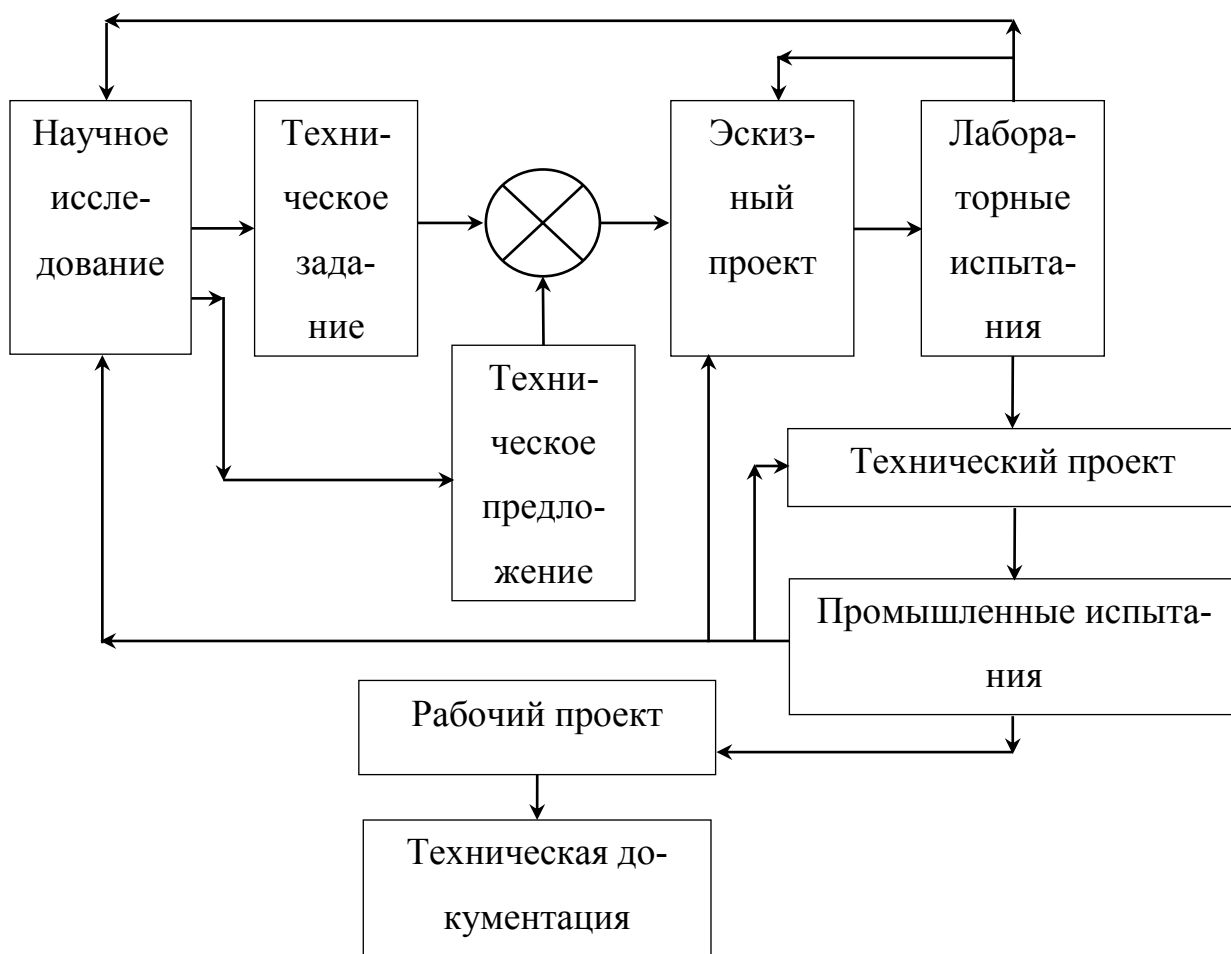


Рисунок 1 – Последовательность прохождения этапов проектирования

перечеркнутой окружностью, происходит выбор подходящего технического предложения, формируемого из множества технических предложений для удовлетворения очередного требования, сформированного на этапе подготовки технического задания.

Выбранные технические предложения компонуются в нечто целое, называемое *эскизным проектом*. По эскизному проекту готовится к исследованию практическая реализация объекта проектирования и на следующем этапе она подвергается *лабораторным испытаниям*. Лабораторные испытания проводятся в максимально широких диапазонах изменения параметров, даже в тех, куда объект проектирования попадает крайне редко. Делается это для полного выявления всех недостатков синтезированного технического решения. По результатам проведенных испытаний может потребоваться возврат на предыдущие этапы проектирования - эскизный проект или даже на этап научных исследований, что на рисунке отображено стрелочками сверху.

После устранения всех выявленных недостатков разрабатывается *технический проект*, по нему так же готовится к исследованию практическая реализация объекта проектирования, она поступает на этап *промышленных испытаний*. Промышленные испытания максимально приближены к условиям, в которых объект проектирования планируется эксплуатировать. Здесь, в отличие от лабораторных испытаний, могут быть учтены и пыль, и грязь и атмосферные воздействия. По результатам промышленных испытаний так же может потребоваться возврат на предыдущие этапы – на этап технического проектирования, эскизного проектирования и на этап научных исследований, что отображено на рисунке 1 стрелочками, исходящими от этапа промышленных испытаний.

Наконец, после устранения всех недочетов, выявленных теперь уже на этапе промышленных испытаний, выполняется *рабочее проектирование* и подготавливается *техническая документация* полученного проекта. Например, проект разработанной технологии, кроме пояснительной записки, должен сопровождаться маршрутными картами, оформленными по ГОСТу [6] и представленными на рисунках 2,3.

ГОСТ 3 1118-82										Форма 1	
Д.уб.											
ВЭМ											
Павл.											
Разрбд										2 1	
АЗЛК										АБВГ ХХХХХХ ХХХ	
										ХХХХХХ ХХХХХХХХХ	
										АБВГ 10101.11423	
Ш т а к										0 ₁	
М 01										Круг В22 ГОСТ 2590-71/45 ГОСТ 1050-74	
М 02										Код	
М 02										ЕВ МД ЕН Н расх КИМ Код загот Прифил и размеры КД МЗ	
М 02										ХХХХХХ ХХХХ 166 2 984 1 3 180 0,89 ХХХХХХ ХХХХ Круг 27 * 125 3,150	
А										Цек Уч РМ Опер Код, наименование операции	
Б										Обозначение документа	
Б										Код, наименование оборудования СМ Проф Р ЧТ КР КОИД ЕН ОП Конт Тпз Тцлт	
А 03										01 02 - 005 ХХХХ Отрезная 25006 0*511, ИОТ № 132-81	
Б 04										АБВГ ХХХХХХ ХХХ 8АБ41А 2 ХХХХХ ХХХ ХХХХ 1 1 1 100 1 0,24 0,50	
О 05										Отрезать заготовку L-125 ± 0,5	
Т 06										АБВГ ХХХХХХ ХХХ тиски, АБВГ ХХХХХХ ХХХ пила, ХХХХХХ ХХХ шаблон	
07											
Д 08										17 01 - 010 ХХХХ Токарная 25140 00145, ИОТ № 101-81	
Б 09										АБВГ ХХХХХХ ХХХ 1К62 2 ХХХХХ ХХХ ХХХХ 1 1 1 100 1 0,46 1,54	
О 10										Точить поверхности с подрезкой торца, выдерживая размеры 70-0,23, 15-0,74, 40*0,2 122 ± 0,6	
Т 11										АБВГ ХХХХХХ ХХХ резец подрезной, АБВГ ХХХХХХ ХХХ скаба, ШЦ Д 250 0,05	
12											
Д 13										17 02 - 015 ХХХХ Токарная 25140 00145, ИОТ № 101-81	
Б 14										АБВГ ХХХХХХ ХХХ 1К62 2 ХХХХХ ХХХ ХХХХ 1 1 1 100 1 0,52 1,44	
О 15										Точить поверхности с подрезкой торца, выдерживая D-72-0,28 и L-120-0,22	
Т 16										АБВГ ХХХХХХ ХХХ резец подрезной АБВГ ХХХХХХ ХХХ скаба, АБВГ ХХХХХХ ХХХ шаблон	
Мк											

Рисунок 2 - Пример оформления маршрутной карты на единичный технологический процесс (маршрутного описания) обработки резанием

Рассмотрим пример проекта технологии изготовления алюминиевой кухонной кастрюли из прокатного листа в форме круга. Если мы попытаемся выдавить кастрюлю на полную глубину за один проход, то получим брак – лист, скорее всего, порвется при выдавливании. Если же мы изготовим ряд промежуточных штампов, как показано на рисунке 4, то последовательное их применение на плавных режимах прессования позволит нам осуществить режим холодной вытяжки и добиться желаемого результата. Задача проектирования при этом - определить количество переходов, величину разового углубления и режимы прессования.

ГОСТ 3 1118-82										Форма 2															
Дубл																									
Взам																									
Подл																									
										2		1													
Разраб										„СИГМА”		АБВГ ХХХХХХ ХХХ		-		АБВГ 10188 01432									
Н контр										П а н е л ь										А					
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции										Обозначение документа										
Б	Код наименование оборудования										СМ	Проф	Р	ЧТ	КР	Кид	ЕН	ОП	Кшт	Т л з	Т шт				
К/М	Наименование детали, сб единицы или материала										Обозначение, код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н расх
А 01	10	01	-	005	XXXX	Комплектовочная					30188 00262, АБВГ 25188 01411														
Б 02	АБВГ ХХХХХХ ХХХ Комплектовоч стал										1	XXXXX	XXX	XXXX	1	1	1	500	1	2,43	6,16				
03																									
04																									
А 05	10	02	21	010	XXXX	Сварка					60188 01241, АБВГ 25188 02634														
Б 06	АБВГ ХХХХХХ ХХХ Сборочно монтаж стал										2	XXXXX	XXX	XXXX	1	1	1	500	1	1,15	3,51				
07																									
08																									
А 09	10	02	22	015	XXXX	Сборка					60188 01242, АБВГ 25188 02634														
Б 10	АБВГ ХХХХХХ ХХХ Сборочно монтаж стал										2	XXXXX	XXX	XXXX	1	1	1	500	1	1,21	2,46				
11																									
12																									
А 13	10	02	23	020	XXXX	Контрольная					60188 01243, АБВГ 25188 00127														
Б 14	АБВГ ХХХХХХ ХХХ Испытательный стенд										2	XXXXX	XXX	XXXX	1	1	1	500	1	1,16	1,52				
15																									
16																									
МК																									

Рисунок 3 - Пример оформления маршрутной карты на единичный технологический процесс (операционного описания) сборки

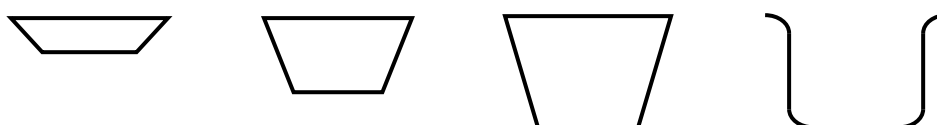


Рисунок 4 – Схемы технологии формообразования

1.2.2 Принципы проектирования

При проектировании для обеспечения должного качества необходимо соблюдать ряд принципов.

1) Необходимо обеспечивать последовательность проектирования от общего к частному. В процессе проектирования последовательно решаются сначала общие вопросы, связанные с обоснованием целесообразности, затем — определение основных технологических, конструктивных, дизайнерских и дру-

гих решений с последовательной детализацией проекта.

2) В целях повышения экономической эффективности проектирование необходимо вести методом разработки нескольких вариантов. Затем из них по технико-экономическим показателям отбирается оптимальный вариант, позволяющий получить максимальный эффект при минимуме затрат.

3) необходимо придерживаться принципа комплексного проектирования. Он предполагает разработку во взаимосвязи всех частей проекта - технологической, конструктивной, технико-экономической, дизайнерской, и др. Комплексность проектирования — одно из важнейших требований организации проектирования крупных проектов.

4) Принцип эффективности, то есть необходимо добиваться, чтобы выгоды от новой технической системы или технологии были больше расходов на ее реализацию.

5) Принцип информационного контроля, т.е. при проектировании необходимо создавать механизмы для обеспечения защиты и надежности данных, используемых для принятия управленческих решений.

6) Принцип совместимости, т.е. проект технической системы или технологии должен учитывать сочетаемость различных частей.

7) Принцип гибкости требует возможности модернизации или расширения объекта проектирования без проведения больших изменений.

8) Принцип системности позволяет исследовать объект как единое целое во взаимосвязи всех его элементов. На базе системного подхода применяется и метод моделирования, позволяющий моделировать изучаемые процессы вначале для анализа, а затем и синтеза создаваемых систем.

9) Принцип развития заключается в анализе линии развития технической системы или технологии и обеспечивающих составляющих и учет ее при проектировании.

10) Принцип стандартизации и унификации предполагает использование уже накопленного опыта в проектировании и внедрении посредством использования типовых элементов и типовых технических решений, что позволяет со-

кратить затраты на создание технической системы или технологии.

Кроме того, существует много частных принципов. Например, в машиностроении действует принцип единства конструкторской, технологической и измерительной баз. Он требует либо вообще не перемещать изделие, либо применять приспособление-спутник, то есть изделие закрепляется на этом приспособлении и это закрепление сохраняется и при транспортировке и при обработке.

В качестве альтернативных подходов к созданию системы может быть выбран один из двух методов. Первый называется "от задачи" и позволяет внедрять каждую задачу проектирования по отдельности, практически не принимая во внимание проектные решения, найденные для других задач. Второй метод - интеграции предусматривает создание целостной технической системы, конструируемой из относительно независимых функциональных подсистем.

При разработке компьютерных программ необходимо придерживаться дополнительных принципов проектирования

1) «Инкапсулировать то, что изменяется. Это основа всего объектно-ориентированного программирования. Надо выделить компоненты, которые могут измениться, и отделить их от части системы, которая останется неизменной. Инкапсуляция позволит изменить или расширить выделенные компоненты без изменения остальной части системы.

2) Необходимо отдавать предпочтение композиции, а не наследованию. При композиции поведение не наследуется, а предоставляется для использования правильно выбранным объектом. Так же композиция позволяет изменить поведение объекта, если он подключен не напрямую, а через интерфейс.

3) Код должен зависеть от принятых абстракций, а не от конкретных реализаций. Высокоуровневые компоненты не должны зависеть от низкоуровневых, с другой стороны, и те и другие должны зависеть от абстракций. Этот принцип можно назвать *принципом инверсии зависимостей*.

4) Необходимо стремиться к слабой связности взаимодействующих объектов. Чем меньше объекты связаны, тем гибче система.»

5) Классы должны быть открыты для расширения, но закрыты для изменения. Это так называемый принцип *Открытости/закрытости*.

6) Необходимо обеспечивать взаимодействие только с близкими блоками. Это принцип *минимальной информированности*.

7) Принцип «Не вызывайте нас – мы сами вас вызовем». Или *голливудский принцип*. «Согласно идее, компоненты высокого уровня (например, интерфейсы) определяют за компоненты низкого уровня (реализации) в отношении того, как и когда им подключаться к системе. Согласно этому принципу компоненты низкого уровня могут участвовать в вычислениях без формирования зависимостей от компонентов высокого уровня.

8) Класс (или метод) должен иметь только одну причину для изменения. Это так называемый *«принцип одной обязанности»*. Чем больше причин для изменения, тем больше вероятность изменения. А изменение – причина массы проблем. Принцип указывает на то, что классу (как и методу) должна быть выделена только одна обязанность. Например, в хорошо спроектированной системе с трехслойной архитектурой: один метод делает ровно один запрос в базу, один метод сервиса выполняет ровно одну задачу бизнес-логики, один метод контроллера вызывает сервис» ровно один раз.

1.2.3 Производительность и качество продукции

Основные два критерия, повышения которых требуют от любой проектируемой новой технологии – это производительность и качество и очень часто выполнение этого требования наталкивается на противоречие: повышение одного критерия снижает значения второго [7]. В связи с этим, остро стоит вопрос многокритериальной оптимальности, «о соответствии (адекватности) технологических средств условиям применения проектируемых технологий. Рассмотрим, как это соответствие достигается на примере машиностроения, где адекватность технологических средств задается в первую очередь масштабом производства.

На рисунке 5 изображена зависимость вероятности соответствия технологических средств (в теории размытых множеств ее называют функцией принадлежности) масштабу производства. По горизонтальной оси отложено количество производимых в год изделий – масштаб производства, по вертикальной – вероятность, отражающая степень соответствия (адекватности) применяемого технологического средства. На рисунке применены следующие сокращения: УО – универсальное оборудование, обеспечивающее наибольшую гибкость производства, но обладающее низкой производительностью. ГПЯ – гибкая производственная ячейка, берущая на себя уже автоматическое выполнение многих вспомогательных операций. ГПС – гибкая производственная система – наиболее отработанное технологическое средство для довольно широкого диапазона и ассортимента производимой продукции и требуемой производительности. ПАЛ – переналаживаемая автоматическая линия, где потеря гибкости компенсируется редкой переналадкой технологического оборудования. НПАЛ или просто автоматическая линия, в которой большая производительность достигается за счет узкой специализации. РКАЛ – роторно-конвейерная автоматическая линия – самое производительное технологическое средство, в котором, за счет вращения несущих роторов, обработка изделий производится одновременно с их транспортировкой, предназначенное для изготовления продукции одного вида.»

«С появлением станков с числовым программным управлением стало возможным организовывать производство с быстро меняющимся маломасштабным ассортиментом и даже единичное производство в той или иной

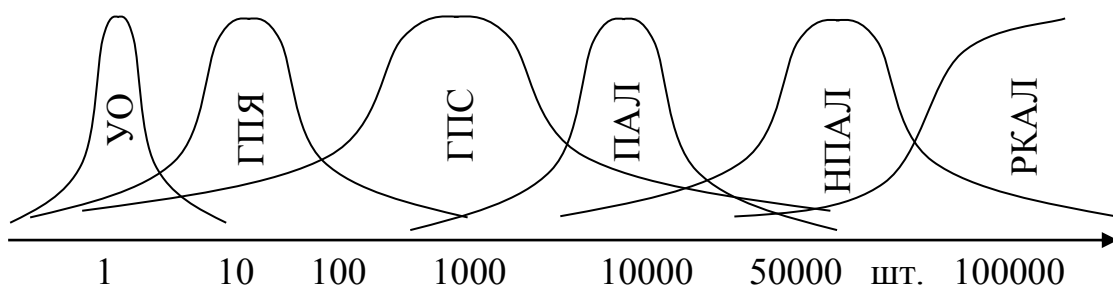


Рисунок 5 – Диапазоны применения средств автоматизации

степени. Наступил период гибких технологий.

В настоящее время около 80 % мирового производства продукции осуществляется малыми сериями от 10 до 50 изделий». Выход из этого положения технологи ищут на пути повышения гибкости технологического оборудования.

Гибкая технология имеет своим пределом автоматическое производство вплоть до единичного при себестоимости и производительности, характерной для массового производства. Автоматическое производство включает при этом отсутствие персонала, рабочее время, ограниченное только перерывами на плановое техническое обслуживание и применение безбумажной технологии.

Самым важным свойством здесь является гибкость производства, то есть простота и легкость его переключения на изготовление другого вида продукции, но не только. Такое же переключение может быть необходимо при выходе из строя технологического оборудования, отсутствии заготовок, инструмента, приспособлений, аварийной ситуации. Конечно, гибкость должна поддерживаться технически и на это должны тратиться определенные управляющие ресурсы: должны быть соответствующие запасы сырья, материалов, энергии, надежное технологическое оборудование, приспособления и заточенные инструменты.

Оценивают гибкость обычно по количеству изделий, на изготовление которых можно перейти посредством переключения управляющих программ. Для современных гибких производственных систем эта оценка может достигать десятков и типов деталей и даже сотен их модификаций.

Такой способ обеспечения гибкости производства логично назвать параметрическим, приравнивая тем самым, изменение компьютерной программы к изменению технологических параметров.

Однако при частом изменении номенклатуры такой способ уже не может обеспечить необходимую гибкость переключений ассортимента, поскольку

необходимо осуществлять замену оборудования, а это процесс не быстрый.

Для устранения этого недостатка применяется реконфигурация технологического оборудования. Такой способ повышения технологической гибкости называется структурным. При этом в пределе можно использовать станки-трансформеры, которые могут реконфигурироваться в требуемое по техническому заданию оборудование.

1.2.4 Взаимозаменяемость

Взаимозаменяемость – это один из важных аспектов технологии, поскольку она облегчает процесс конструирования и изготовления продукции сокращает сроки проектирования и реализации за счет возможности использования стандартных конструкторских решений и единых технических требований. С ее помощью обеспечивается специализация в сочетании с кооперацией предприятий, за счёт чего происходит удешевление производства, повышение надежности изготавливаемой продукции. Взаимозаменяемость упрощает процесс сборки, поскольку отсутствуют процедуры доводки, подгонки, а используются взаимозаменяемые детали и узлы. Кроме того, снижаются требования к квалификации персонала.

В энциклопедии находим определение взаимозаменяемости - это «свойство элементов конструкции, изготовленных с определённой точностью геометрических, механических, электрических и иных параметров, обеспечивать заданные эксплуатационные показатели вне зависимости от времени и места изготовления при сборке, ремонте и замене этих элементов». Для облегчения выполнения условий взаимозаменяемости рекомендуется использовать нормальные линейные размеры, установленные на основе стандартных рядов предпочтительных чисел.

Взаимозаменяемость может иметь разный масштаб:

- полная взаимозаменяемость - требуемые характеристики обеспечены у всех элементов. Полностью взаимозаменяемыми являются детали и узлы, уста-

навливаемые при сборке без дополнительных операций по обработке, без регулирования или подбора. Характерный пример — подшипники, автомобильные шины, электрические лампы, болтовые соединения;

- неполная - частичная, ограниченная взаимозаменяемость (часть элементов выполнена с погрешностью большей, чем допуск на сборку, при этом возникает риск не собрать изделие). При сборке требуется установка детали или узла с размерами определённой группы, то есть групповой подбор деталей. Пример - сборка поршней двигателей внутреннего сгорания;

- групповая - требуемые характеристики достигаются путём включения элементов в близкую группу заранее измеренных и рассортированных. В качестве примера могут служить клапана и толкатели двигателей внутреннего сгорания;

- с регулировкой - требуемые характеристики достигаются регулировкой специального элемента путём изменения его места, положения или введения дополнительного элемента;

- с пригонкой - для достижения заданных свойств конструкции изменяют параметры элемента (заранее назначенного) необходимые для успешной сборки.

- размерная - подразумевает взаимозаменяемость по присоединённым размерам.

- параметрическая - необходимость регулировки различных параметров изделия.

- внешняя - взаимозаменяемость по выходным данным узла, которыми могут являться либо присоединительные, либо эксплуатационные параметры.

- внутренняя - взаимозаменяемость отдельных узлов или механизмов, входящих в изделие.

Взаимозаменяемость в большой степени упрощает и ускоряет ремонт готовых изделий, позволяет свести некоторые функции, например, крепление к однотипным деталям (например, болтовое соединение), а изготовление составляющих поставить на поток, тем самым удешевляя их и одновременно обеспе-

чивая необходимое качество.

1.2.5 Модульность

Модульность — это свойство системы, связанное с возможностью её декомпозиции на ряд внутренне связанных между собой модулей.

Модульный принцип — принцип построения технических систем, согласно которому функционально связанные части группируются в законченные узлы — модули (блоки).

Модульность устройства позволяет изменять его возможности (осовременивать), путём использования/наращивания функциональных блоков, выполняющих различные задачи.

Модульное построение машины значительно облегчает и убыстряет ее ремонт, поскольку достаточно только диагностики устанавливающей неисправный модуль, а ремонт сводится к его замене.

Модульность в языках программирования — принцип, согласно которому логически связанные между собой подпрограммы, переменные и т. д. группируются в отдельные файлы (модули).

В педагогике широкое применение находят модульные технологии обучения. «Идеи модульного обучения зародились и приобрели большую популярность в учебных заведениях США, Германии, Англии и других зарубежных стран. Несмотря на то, что теория модульного обучения в России стала активно разрабатываться еще в 90-е годы XX века, существуют различные точки зрения на понимание модуля и технологии его построения как в плане структурирования содержания обучения, так и в аспекте разработки форм и методов обучения.» Модули при этом различаются как по величине, так и по содержанию, они могут быть крупными и заканчиваться какой-либо формой рубежного контроля, либо достаточно мелкими и вообще не включать контроль, они могут жестко привязываться к содержанию дисциплины или ко времени и образовательному процессу. «Проектирование и реализация такой технологии требует

от педагога определенной теоретической подготовки в области современной дидактики и инновационной педагогики. Ряд зарубежных авторов (В. Гольдшмидт, М. Гольдшмидт и др.) понимают под модулем формирование самостоятельно планируемой единицы учебной деятельности, помогающей достичь четко определенных целей. Другие (например, Дж. Рассел) определяют суть модуля несколько иначе: как построение автономных порций учебного материала. А.А. Вербицкий вводит понятие *деятельный модуль* в качестве единицы, задающей переход от профессиональной деятельности к учебной, от реальных задач и проблем аудиторным, подчеркивая отличие деятельного модуля от обучающего, который понимается как фрагмент содержания курса вместе с методическими материалами к нему. Модуль может включать несколько единиц, каждая из которых содержит описание законченной операции или приема. Необходимо отметить следующие преимущества и особенности технологии модульного обучения. Разбивка дисциплинарного курса на законченные части (модули и его элементы), имеющие самостоятельное значение. Отсевание материала, являющегося лишним для данного конкретного вида работ. Максимальная индивидуализация продвижения в обучении. Модуль может быть представлен как комплекс компонентов, которые могут варьироваться в зависимости от конкретной дисциплины.» [8]

Таким образом, модульность является действенным инструментом разбиения большого проекта на отдельные части, обеспечивая тем самым более детальный и непрерывный контроль технологического процесса.

1.2.6 Технологичность

«Технологичность — это комплексная характеристика технического устройства (изделие, устройство, прибор, аппарат), которая отражает низкую себестоимость его производства (его приспособленность к текущим возможностям производства), а так же высокую ремонтпригодность и повышенные эксплуатационные качества.

Как видим, из определения технологичность – свойство, изменяющееся в зависимости от времени и от уровня технического прогресса.»

Как следует из определения технологичность во многом задает себестоимость производства, а так же дальнейшие затраты уже при эксплуатации изделия. Понятно, что здесь есть некоторый баланс: можно довольно дешево изготовить техническое изделие, которое потом будет иметь высокие эксплуатационные расходы или наоборот. Технологичность предусматривает некоторый максимум выгоды этого сочетания, то есть технологичность свойство оцениваемое сравнением с другими техническими решениями.

«Как правило, более современные устройства являются более технологичными по сравнению с устаревшими образцами, то есть, производятся и эксплуатируются с меньшими затратами и с задействованием более эффективных технологий. При этом функциональность техники разных поколений может мало отличаться.»

Технологичность обеспечивается при проектировании изделия, когда выбирается конструкция, размеры и их отклонения, материалы, а так же анализируется процесс дальнейшей эксплуатации, учитываются результаты испытаний. При этом необходим максимум стандартизованных, унифицированных и точно отработанных узлов.

«Технологичность невозможно оценить какой-либо единственной характеристикой. Например, скорость, пассажироместимость и дальность полёта для ТУ-154 и Airbus A320 близки, но эти самолёты — представители разных поколений авиационной техники, отличающиеся технологичностью. Появление более технологичных изделий обычно способствует вытеснению из обихода устаревших в этом отношении устройств, при этом с точки зрения технического совершенства они могут не уступать более новым — технологичность отражает производственные (технологические), а не технические характеристики изделия.»

«Таким образом, не следует путать технологичность и технический уровень изделия или уровень задействованных в его производстве технологий —

это совершенно различные понятия. Зависимость между более высоким техническим уровнем и более высокой технологичностью изделия проявляется далеко не всегда, а порой носит и обратный характер. Например, малосерийные легковые автомобили тридцатых годов имели зачастую более высокий технический уровень, чем выпущенные через 20-30 лет после них массовые (на них уже применялись практически все являющиеся сегодня общепринятыми конструктивные решения, за исключением чисто-электронных систем), но при этом были крайне нетехнологичны, в силу чего принятые на них технически совершенные конструктивные решения и не могли быть внедрены в массовое производство. Прогресс технологий должен был обеспечить возможность их выполнения. Повышение требований к эксплуатационным и потребительским характеристикам, качеству отделки, уровню безопасности и экологичности привели за последние десятилетия к небывалому росту технического уровня автомобилей, но при этом их технологичность по отдельным показателям, включая удобство производства и ремонтпригодность, столь же ощутимо снизилась, даже несмотря на внедрение новых, высокопроизводительных технологий, включая промышленные роботы нового поколения.»

«Технологичность — понятие относительное, на неё в определяющей степени влияют место изготовления, серийность, культура производства, доступное оборудование, привлекаемый персонал, развитость межхозяйственных связей и многое другое. Например, многие массовые образцы американской оружейной промышленности времён Второй мировой войны по меркам промышленности СССР или даже Германии выглядели бы крайне нетехнологичными, в частности - ввиду широкого использования трудоёмкой обработки деталей на металлорежущих станках вместо более технологичных штамповки и сварки. Напротив, автомобиль ГАЗ-М-20 «Победа» считался достаточно технологичным по меркам СССР, но налаживание его массового производства в Польше столкнулось с большим количеством трудностей» «из-за того, что по меркам польской промышленности конструкция оказалась нетехнологична и требовала для своего производства больших затрат труда и материалов. Писто-

лет-пулемёт СТЭН считался в Великобритании дешёвым и очень технологичным оружием, но его не адаптированная к особенностям местной промышленности немецкая копия — Potsdam Gerät — по себестоимости оказалась сравнима с ручным пулемётом [9].

Выпускаемые малой серией или в единичных экземплярах изделия» «практически всегда менее технологичны, чем массовые - их изготовители могут позволить себе использовать недостаточно технологичные с точки зрения массового производства производственные процессы и конструктивные решения. Например, процесс изготовления изделий из углепластиков долгое время был недостаточно технологичным для массового производства, главным образом из-за большого объёма задействованного ручного труда. При этом в оборонной и авиационной промышленности, с характерными для них сравнительно небольшими масштабами выпуска, углепластики давно нашли широкое применение». Для изделий массового же производства эталонами технологичности для своего времени могут служить, например, танк Т-34 или автомат Калашникова.

Таким образом, технологичность есть уровень приспособленности изделия под современные, часто применяемые технологии. Главные признаки технологичности: дешевизна, простота изготовления и эксплуатации.

1.3 Основные тенденции в технологическом проектировании

1.3.1 Миниатюризация

Процесс миниатюризации берет свое начало с давних времен. Некоторые ученые считают, что миниатюризация первоначально была связана с процессом повышения точности и разрешающей способности создаваемых изделий [8]. Однако, есть и другие основания уменьшать размеры окружающих нас вещей. У предметов малых размеров есть масса бытовых удобств обеспечивающих простоту хранения, транспортировки и даже использования. Нельзя забывать и

об эстетической ценности малоразмерной тонкой работы. Ведь вряд ли в блохе, подкованной левшой, всех восхищает только точность выполнения подковок.

Очевидно, миниатюризация началась в механике, как самой первой области приложения технологической мысли человечества. Начало этому процессу положили самые востребованные механизмы, часы – клепсидры, а позже и механические, замки, масса женских украшений.

Со временем инженеры начинают понимать, что миниатюризация сокращает расходуемую энергию, позволяет в малом объеме технического устройства реализовать больше функций, а подключение механики, гидравлики к средневековым театрам приводило людей в восхищение, позднее к технологиям подключилось электричество.

Важной ступенью развития техники и одновременно вехой в миниатюризации стало появление планарных технологий, когда на плоском кристалле удавалось разместить большое количество транзисторов и создавать все более сложные схемы.

«Символ этого этапа – многослойные платы печатного монтажа. Здесь достигнута уже субмикронная точность. На рубеже XXI столетия начался третий этап миниатюризации на базе 3D микросистемных технологий. Это уже не электроника, а трехмерная электромеханика – микроэлектронномеханические системы (МЭМС) [10].

Иногда новые технологии являются естественным развитием предыдущих. Так 3D технологии являются развитием планарных 2D технологий, но на более высоком уровне с микронной точностью. В настоящее время разрешение дошло до молекулярного уровня и даже до уровня отдельного атома в рамках направления нанотехнологий.

Процесс развития миниатюризации технических систем проходит сначала на уровне отдельных компонент», затем происходит качественный скачок, развитие переходит на более малоразмерный этап, как представлено на рисунке 6.

Аналогичное развитие, но уже на уровне функциональных компонент технических систем, таких как подсистема управления и информационно-

измерительной, элементов связи и энергопитания представлено на рисунке 7. Этот процесс протекает с разной скоростью для разных компонент. Лидером здесь являются информационно-управляющие подсистемы на базе интенсивного развития планарных технологий. Далее следуют датчики - сенсорные компоненты, выполняемые на базе 3D- технологий. Есть в этом процессе и аутсайдеры - силовые (энергетические) компоненты, а так же элементы энергопитания.

Прогресс в области исполнительных элементов в настоящее время увязывают с успехами в области создания миниатюрных движителей типа искусственных мышц. Элементы энергопитания зависят от прогресса в области аккумуляторов энергии. И, хотя рассматриваются и маховики, и пружины, и литиевые аккумуляторы все же по количеству накопленной энергии на единицу массы пока они уступают химическому топливу.

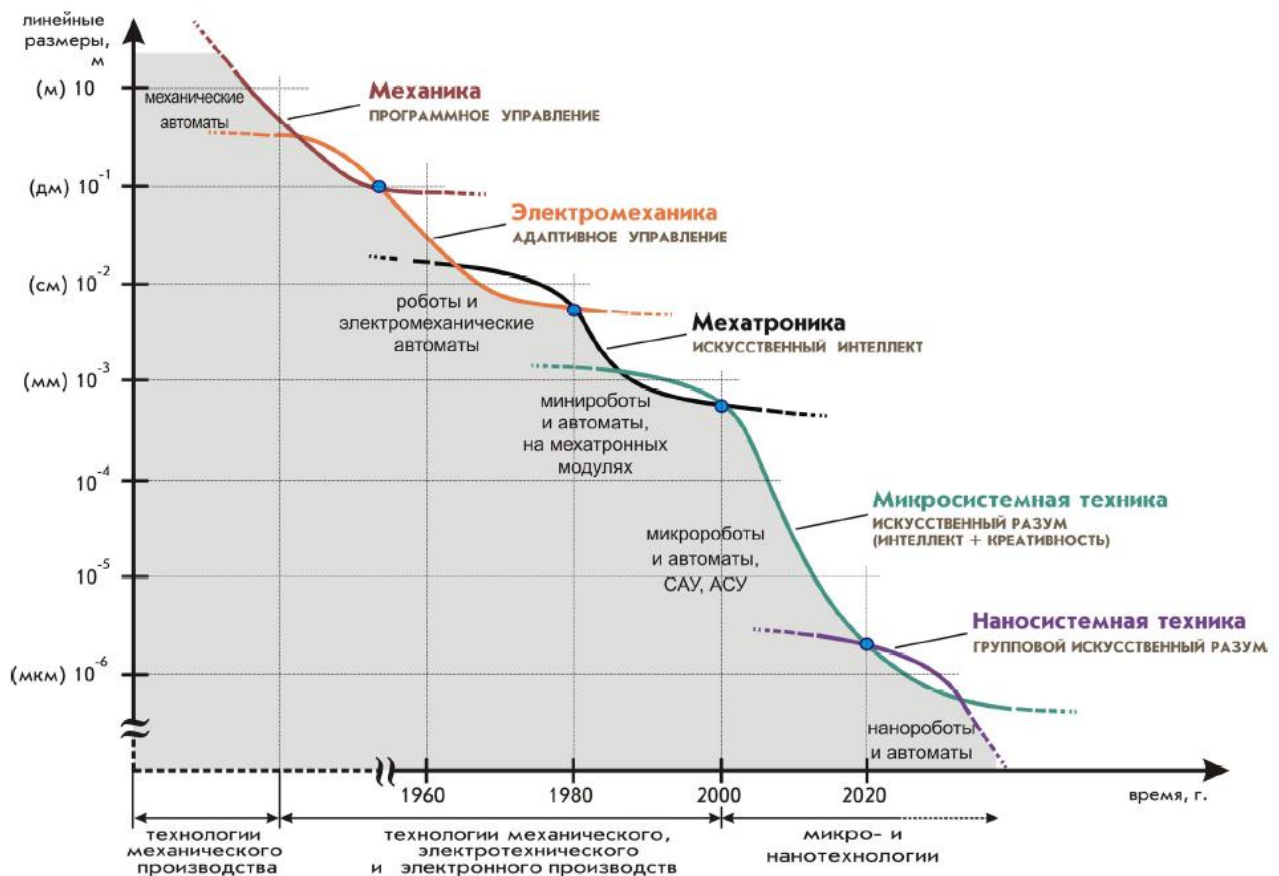
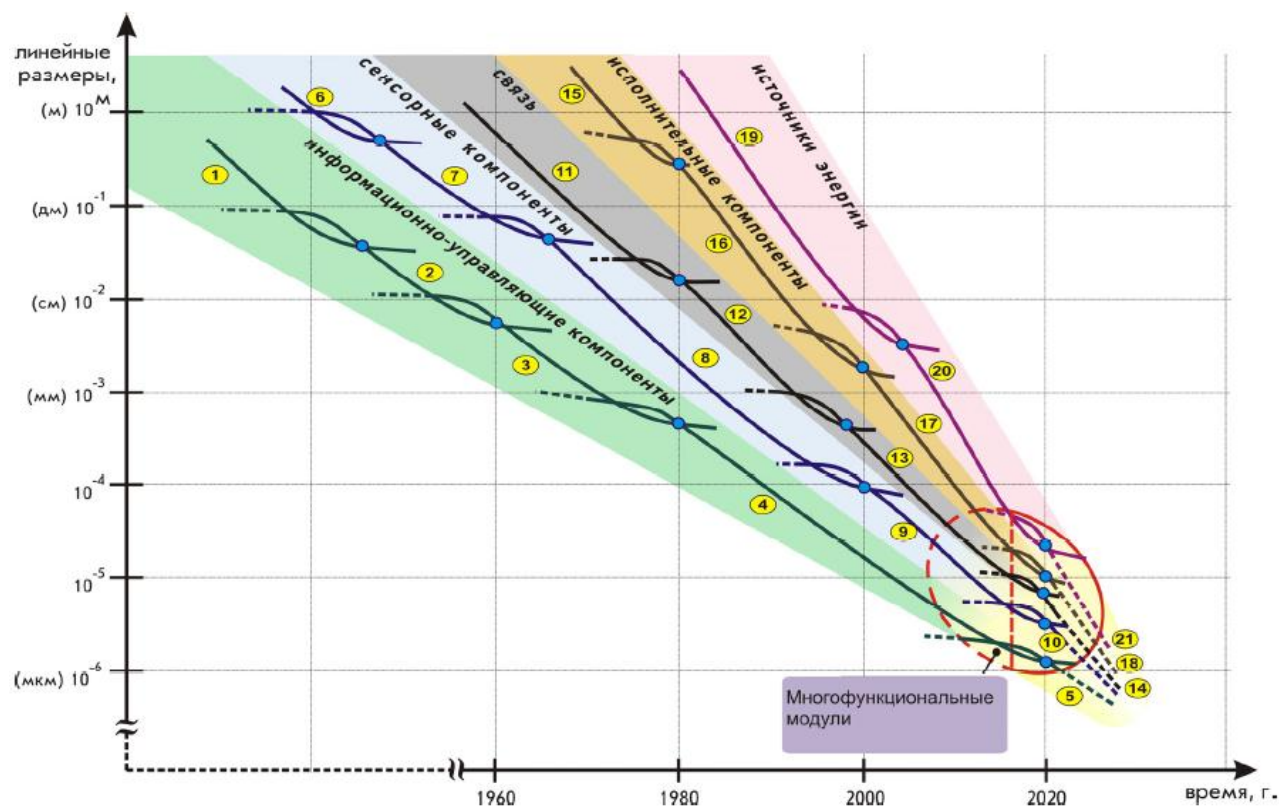


Рисунок 6 – Этапы миниатюризации технологий [10]

Рисунок 8 фактически является продолжением рисунка 7. На нем представлены современные этапы миниатюризации. Он отражает процесс есте-

ственной интеграции всех систем в единый модуль, который обеспечивается и возможен только после того, как каждый функциональный компонент прошел свою часть пути. Здесь показаны три последовательно возникающие уровня



Обозначения: 1 – механические счетно-решающие устройства, 2 – электронные лампы, электромеханическая вычислительная техника (ВТ), 3 – полупроводники, микропроцессоры, 4 – СБИС, 5 – нано- и квантовая ВТ, 6 – механические датчики, 7 – электромеханические датчики, 8 – полупроводниковые датчики и сенсорные системы, 9 – микродатчики и сенсорика, 10 – нанодатчики и сенсорика, 11 – радио-, лазерная связь, 12 – спутниковая связь, 13 – компьютерные сети, 3D - визуализация, 14 – фотонная связь, кодовое распределение каналов, 15 – традиционные промышленные приводы, 16 – мехатронные приводы, 17 – минипьезопроводы, 18 – искусственные мышцы, 19 – фотоэлектрические и химические источники, 20 – радиоизотопные источники, 21 – атомно-молекулярные источники.

Рисунок 7 – Этапы миниатюризации компонент технических систем [10]

развития этого процесса:

I – минимизация компонент сенсорных, информационно – управляющих, а так же компонент связи с последующей интеграцией их в единую информационную среду.

II – интеграция исполнительных механизмов и источников энергопитания в модульную алгоритмизованную исполнительную часть технического устройства - сеть.

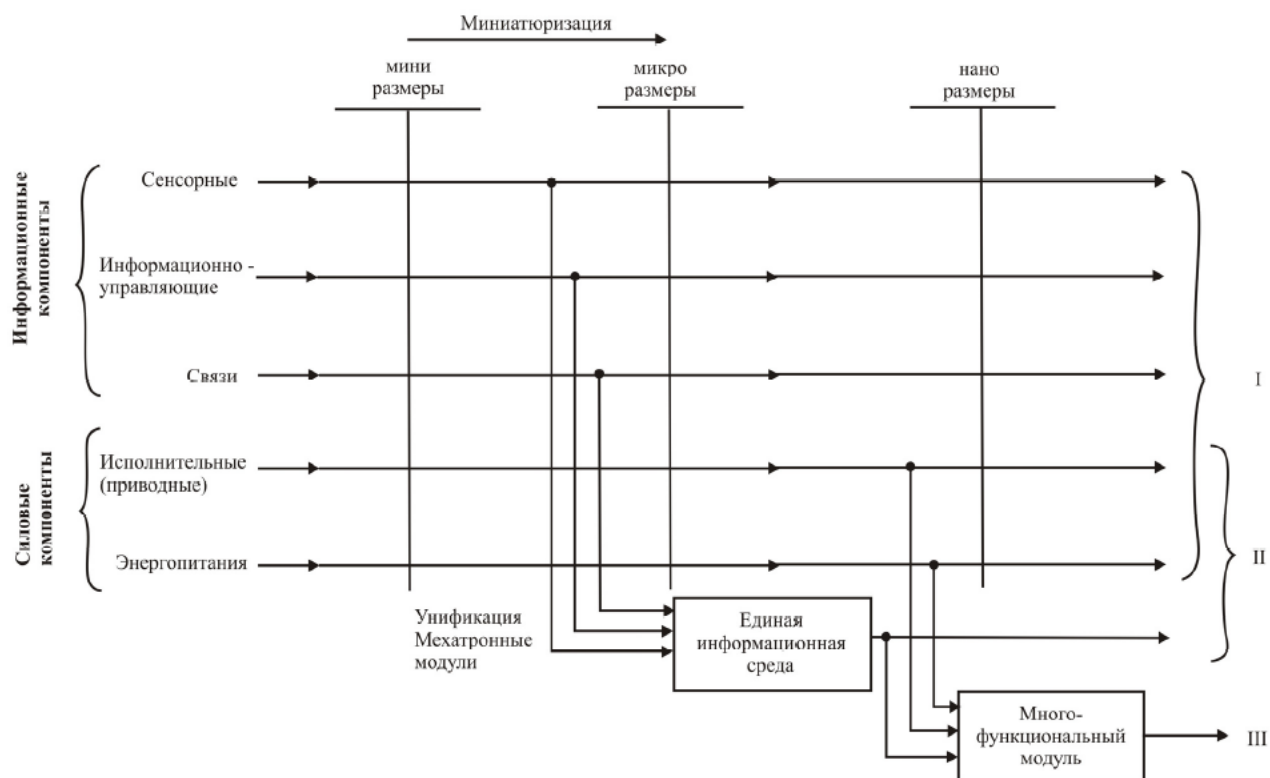


Рисунок 8 – Схема завершающего этапа миниатюризации [10]

Такая интеграция функций напоминает устройство головного мозга человека, который поделен на часть, включающую ранее отработанные процедуры и действующие «автоматически» и часть, обучаемую, действующую в незнакомой обстановке.

Уровень III соответствует состоянию исследований на сегодняшний день.

Идея такой минимизации с одновременной интеграцией заимствована из теории клеточного строения в биологии. Отдельные наномодули так же как и клетки в живом организме должны обмениваться информацией и в большой степени самоорганизовываться в необходимые в данный момент и в данных условиях структуры. «Перспективность такого подхода подкрепляется тем, что информационные процессы в живых организмах реализуются именно на нано -

уровне. Поэтому при подходе к техническому освоению этого диапазона размерности особенно полезным может оказаться опыт живой природы. Во всяком случае, он подтверждает реализуемость этой идеи. В этой связи стоит вспомнить, что в живой природе именно с уменьшением размеров организмов растут их популяции и почти две трети живого мира составляют микробы, отличающиеся предельной экономичностью требуемых ресурсов.» [10]

1.3.2 Компьютеризация

Как только компьютеры были доведены до необходимого быстродействия ученые предприняли попытки их объединения с технологическим оборудованием. Поскольку они на тот момент имели большие размеры их помещали на второй этаж, а с технологическим оборудованием, размещенным на первом этаже соединяли кабелем. Понятно, что мобильность оборудования ограничивалась длиной этого кабеля.

Затем быстрая миниатюризация уменьшила размеры компьютеров, нарастив при этом быстродействие и объемы используемой памяти, что привело к повсеместному встраиванию компьютерных чипов [11]. Такой прогресс принес качественный скачок в технологии, появилась возможность сделать их произвольно удаленными. Сегодня технологическим оборудованием, находящимся, например, в Индии, можно по оптоволокну управлять из Нью-Йорка. С другой стороны, полная автономность позволяет посылать роботов и на Марс – сейчас там работает робот-геолог Кьюриосити, и на Юпитер – в данное время его облетает Юнона, и на Сатурн, а так же его спутник Титан, где недавно функционировал аппарат Кассини со спутником Гюйгенс, и даже сажать космические аппараты на комету, как это произошло с Розеттой, исследовавшей комету Чурюмова — Герасименко в 2014 году.

В последнее время всплеск прогресса наблюдается в технологии беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), оснащенных мощными и быстродействующими чипами. Как показали исследования Швейцарского федерального

института технологий, квадрокоптеры могут обучаться прохождению сложной полосы препятствий, считывая обстановку 50 раз в секунду. Затем обученный квадрокоптер не только сам быстро пролетает освоенный маршрут, но и моментально передает эти знания другим. Они могут переносить метровую трость в вертикальном положении и перекидывать ее в воздухе друг другу. Согласованное взаимодействие позволяет вместе трем квадрокоптерам ловить брошенный теннисный мяч в сетку, которую они синхронно подводят, а затем бросать его обратно человеку той же сеткой.

Технология 3-D печати позволяет печатать самый широкий спектр, например пластиковой продукции. Теперь, имея ингредиенты дома, можно запросто напечатать себе бутерброд. Проходят испытание строительные конструкции, напечатанные 3-D способом. В недалеком будущем даже человеческие органы для пересадки будут печатать на 3-D – принтере.

Появились огромные возможности в отношении связи техники с человеком. Современная виртуальная реальность создает у человека эффект полного его присутствия в моделируемом компьютером мире. Да и в самого человека вживляются чипы, компенсирующие его травмы и болезни: кардиостимуляторы, искусственный глаз, аппараты для слуха, и даже чипы, позволяющие его опознавать, управлять техникой потенциалами его мозга, а в недалеком будущем связывать его через интернет со всем миром.

1.3.3 Интеллектуализация

Третьей тенденцией в технологическом проектировании является *интеллектуализация*. Поскольку техника изначально предназначена для помощи человеку и обслуживания его потребностей, естественно ее применение и для интеллектуальной помощи и помощи в решении интеллектуальных задач. Создание подобной технологии довольно сложная проблема, поэтому интенсивное развитие эта тенденция получила совсем недавно. История возникновения этой тенденции, а так же ее ближайшего будущего продолжения представлены на

рисунке 9.

Интеллектуализация техники – это использование методов искусственного интеллекта для адаптации, самого высокого уровня, поведения техники к

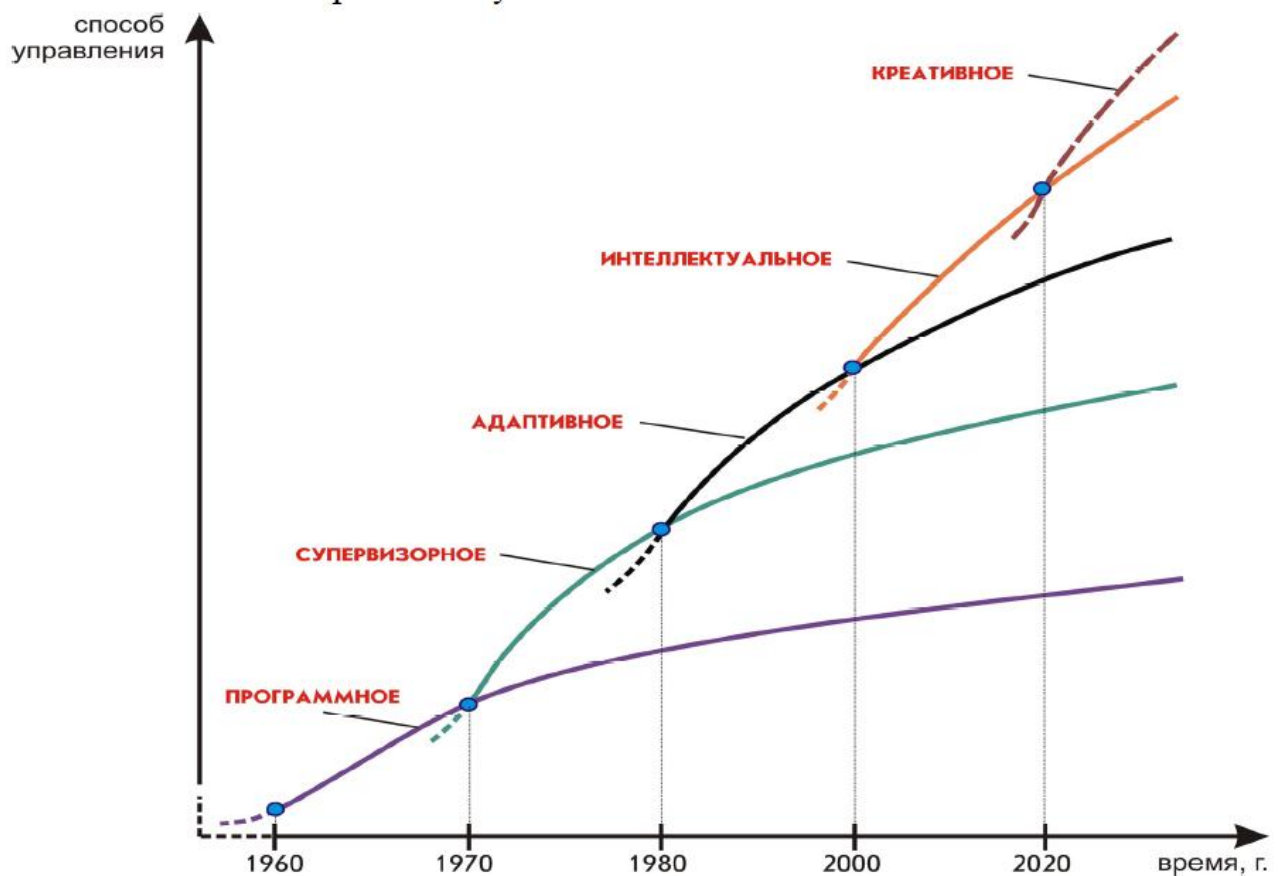


Рисунок 9 – Схема прогресса в области систем управления техникой [10]

окружающей обстановке. Термин «искусственный интеллект» был введен Джоном Маккарти в 1956 году на конференции в Дартмутском университете, но еще раньше в 1950 году один из пионеров в области вычислительной техники, английский учёный Алан Тьюринг, написал статью под названием «Вычислительные машины и разум», в которой обсуждались условия для признания машины интеллектуальной. Стандартная интерпретация *теста Тьюринга* звучит следующим образом: «Человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. На основании ответов на вопросы он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача компьютерной программы — ввести человека в заблуждение, заставив сделать неверный

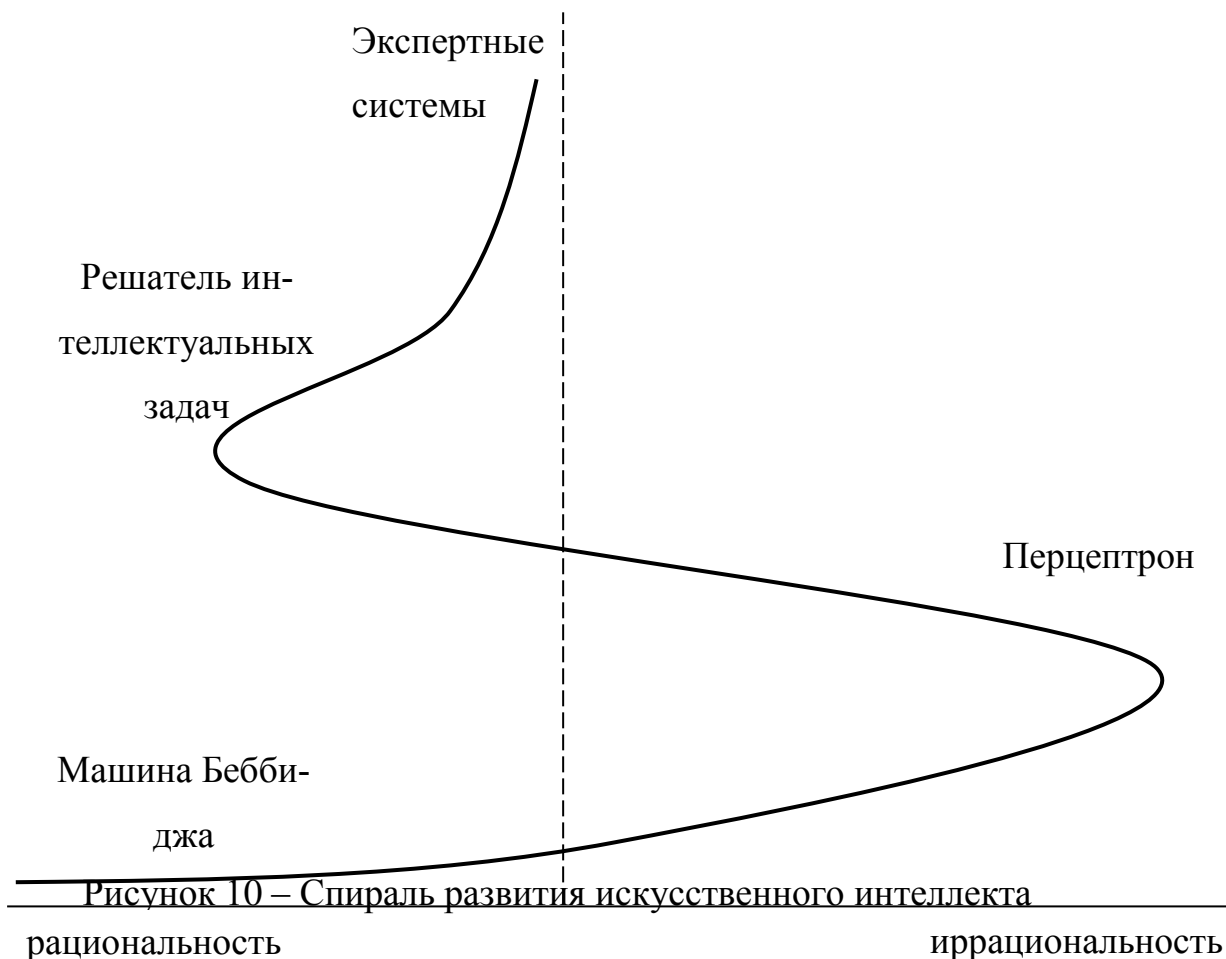
выбор». Участники теста не должны видеть друг друга. И если жюри не может сделать определенный вывод, кто из собеседников является человеком, то считается, что машина прошла тест. Для тестирования именно интеллектуальных возможностей машины, а не её возможности распознавать устную речь, диалог с ней ведется в режиме «только текст», например, с помощью клавиатуры и экрана (компьютера-посредника). Переписка должна производиться через контролируемые промежутки времени, чтобы жюри не могло делать заключения, основываясь лишь на скорости ответов. Во времена Тьюринга компьютеры реагировали медленнее человека, но и сейчас это правило тоже необходимо, по другой причине - компьютеры могут реагировать гораздо быстрее, чем человек. Существуют многочисленные попытки модернизировать тест Тьюринга, например, с помощью распознавания фотографий с явной семантической нелепостью.

Вопрос о передаче техническим устройствам интеллектуальных человеческих функций поднимается уже давно. Этот вопрос удобнее всего рассматривать, опираясь на философский закон Гегеля о единстве и борьбе противоположностей. В задачах искусственного интеллекта выделяется рациональность и иррациональность – рисунок 10. Проще всего оказалась передача технике человеческого умения арифметического счета. Первым представителем таких машин явилась машина Ч. Беббиджа, изобретенная еще в девятнадцатом столетии. Однако, в истории получалось так, что если удавалось какую-либо функцию передать машине, эта функция сразу вычеркивалась из списка интеллектуальных, под предлогом, что интеллектуальная функция должна быть слабоформализованной.

В ответ на это Ф. Розенблатт изобрел в 1957 году перцептрон. Маятник исследований в области искусственного интеллекта качнулся в сторону иррациональности.

Простейший перцептрон состоит из трех слоев: сенсорные, ассоциирующие и решающие элементы – рисунок 11. Розенблатт выдвинул гипотезу, что человеческий мозг работает по принципу ассоциаций. Например, мы видим яб-

локо и, даже не пробуя его, представляем его вкус: зеленое - кислое, спелое – сладкое. Первый слой перцептрона связан со вторым хаотично, как человеческие чувства: зрение, слух, узнавание запахов, вкусов, тактильные ощущения



связаны с мозгом так, как первоначально заложено природой. Второй слой перцептрона связан с третьим через блоки с управляемым коэффициентом весового вклада.

Перцептрон работает в двух режимах: обучение и распознавание. В первом случае перцептрону предъявляют различные образы и с помощью изменения коэффициентов взаимосвязей добиваются, чтобы на каждый образ откликнулся лишь один реагирующий элемент и не реагировали никакие другие. Например, перцептрону предъявляются буквы алфавита и за каждой закрепляется один решающий элемент. По окончании обучения перед нами – читающий автомат.

Первоначально перцептрон привлек к себе внимание ученых. Сам Розен-

блатт получил большое финансирование от венно-промышленного комплекса США и строил один перцептрон за другим: МАРК -1,..., МАРК-4, до 1961 года, когда он погиб в автомобильной аварии. Однако исследования продолжались,

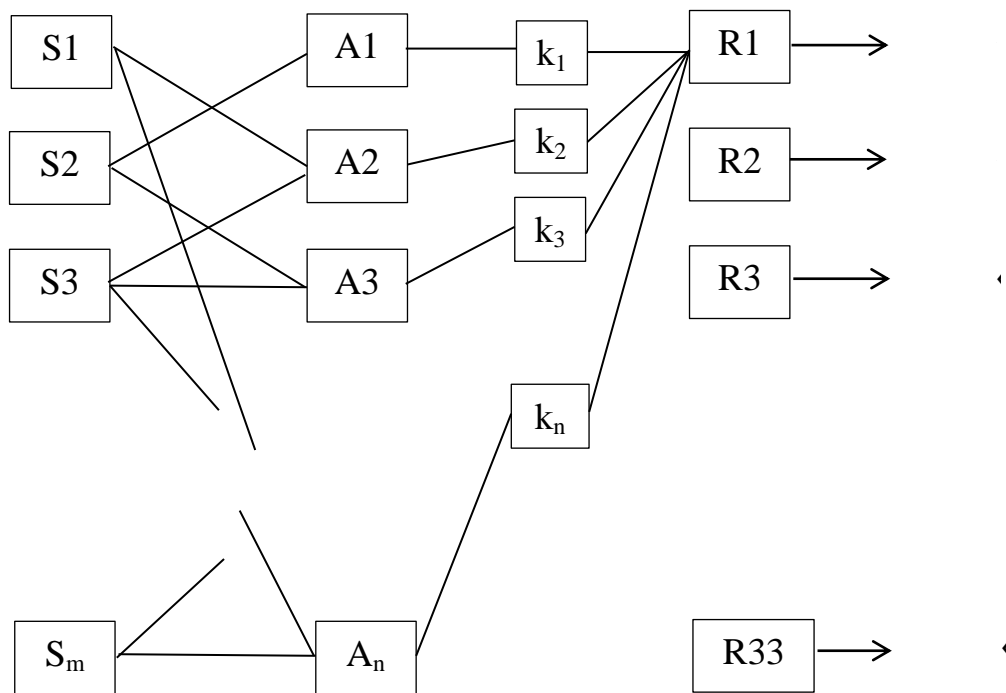


Рисунок 11 – Схема перцептрона Ф. Розенблатта

появился пандемониум Селфриджа, наращивалось количество слоев перцептрона, усложнялись задачи, решаемые им. Наконец, перцептроном заинтересовались математики. Они хладнокровно, без эмоций, рассмотрели его возможности. В конце шестидесятых годов вышла книга М. Минского и С. Пейперта

«Перцептроны». Эта книга как ушат холодной воды отрезвила умы увлеченных ученых. В ней показаны и достоинства и главное недостатки такой технической системы, ее серьезные ограничения по распознаванию. Тем не менее, перцептрон положил начало двум направлениям в науке: распознаванию образов и нейросетевым технологиям. В ответ на вопрос: как же тогда функционирует мозг, если не на принципе ассоциаций? Марвин Минский разработал свою теорию фреймов.

К концу шестидесятых годов компьютеры стали довольно мощными как в отношении быстродействия, так и в отношении объемов сохраняемой инфор-

мации. Появилась идея, что можно использовать строгую формальную логику для аксиоматического построения предметной области, а логический вывод свести к доказательству теорем. В 1965 году Дж. А. Робинсоном был предложен принцип резолюций, который лег в основу решателей интеллектуальных задач (General problem solver - GPS). Маятник исследований в области искусственного интеллекта качнулся в сторону рациональности. Решались довольно сложные задачи о ханойской башне, определялись стратегии в различных играх – игра Го, шахматы и так далее. Игра Го считается в настоящее время одной из самых сложных. Достаточно сказать, что в шашках число комбинаций имеет порядок 10^{40} , в шахматах 10^{140} , то в Го - 10^{400} – это больше, чем количество атомов во всей вселенной.

Однако в формальном подходе к интеллектуальным задачам, основанном на аксиоматическом принципе, изначально заложен недостаток из-за доказанной Геделем в 1931 году теоремы о том, что всякая система аксиом либо неполна, либо противоречива, то есть в рамках любой системы аксиом найдется теорема, которую нельзя ни доказать ни опровергнуть, то есть система противоречива. Если же считать формальную систему неполной, а эту теорему сформулировать в виде дополнительной аксиомы и присоединить ее к имеющимся, то в рамках новой системы аксиом также найдется теорема, которую нельзя ни доказать ни опровергнуть.

После этого ученые начали сознательно искать методы решения интеллектуальных задач на пути разумного сочетания рациональной и иррациональной составляющих. Так родились экспертные системы, в которых иррациональная составляющая содержится в базе знаний, а рациональная связана с машиной логического вывода. Надо сказать, что природа также пошла по этому пути, поскольку полушария мозга человека работают по-разному: левое полушарие, где находится центр распознавания речи, является логическим и работает наподобие компьютера, правое – работает по принципу перцептрона и в нем находятся эмоциональные центры. Оно работает как нейрокомпьютер с постановкой целей и начальных условий на границах сети (вычислительного поля) и

решением задач на столкновении волн возбуждения и торможения с поиском пути «проторения». Заметим, что кривая развития исследований в области искусственного интеллекта на рисунке 10 по сути отражает затухающий переходной процесс в колебательном звене.

Есть гипотеза, что рациональным принципам подчинена работа левого полушария человека. Так сложилось исторически – правая рука совершает более сложные действия – держит меч и инструменты, а в организме полушария и левая и правая части тела связаны перекрестно. Иррациональность (вербальность, образность) сосредотачивается в левом полушарии человека. Понятно, что имеются центры, которые используют и их совместное и параллельное функционирование. То есть левое полушарие логическое и функционирует как компьютер, а правое полушарие функционирует на принципе вычислительных полей: постановка задачи и целевое состояние расположены на разных краях поля, запускаются волны возбуждения и торможения нейронов и решение ищется методом проторения пути от постановки к цели.

«Как видим, в настоящее время, наряду с формализованным направлением искусственного интеллекта, развивается и другое направление, основанное на моделировании нейронных сетей нервной системы человека и создании искусственных нейронных сетей. Такой подход позволяет решать плохо формализуемые задачи за счет использования ассоциативной памяти, вычислительных полей, обучения.»

Искусственный интеллект уже сегодня активно внедряется в практику, он позволяет, например, сделать автомобиль действительно самодвижущимся. Беспилотный автомобиль уже сегодня способен в беспилотном варианте передвигаться по дорогам, оптимизировать прокладываемый маршрут и достаточно оперативно реагировать на сложившуюся дорожную обстановку.

1.4 Примеры технологических реализаций

В данном параграфе предпринята попытка выявить моменты порождения

новых технологий. Лучше всего эти исследования проводить на базе изобретений, поскольку сама структура изложения сути изобретения позволяет проследить генезис идеи, рассмотреть ее аналоги и существенные отличия.

Первый пример разработки новой технологии относится к бурению. «Главное достоинство шланго-кабельного бурения - очевидно - резкое сокращение времени на проведение спуско-подъемных операций [12], поскольку при этом способе для подъема инструмента с забоя достаточно намотать гибкий шланг на барабан, а при классическом способе бурения придется развинчивать бурильную колонну часто длиной километр и более на отдельные свечи. Однако недостатки, обусловленные заменой металлической бурильной колонны гибким шлангом и невозможность вследствие этого удерживать реактивный момент, возникающий при бурении, из-за свертывания шланга и прекращения поступления бурового раствора к инструменту, резко сокращают область его использования.

В работе [13] предложена новая технология бурения со снятием крутящего момента со шланга за счет разделения забоя скважины на две зоны: круговую в центре забоя и кольцевую» по краю забоя. Каждую из них предлагается разбуривать своими буровыми коронками, вращение которых происходит в разные стороны, например, одна по - часовой, другая - против (см. рисунок 12). Выделенные площади, которые разбуривают в разных направлениях, необходимо разделить (деление происходит по пограничной окружности) таким образом, чтобы реактивные моменты уравнились. Это равенство обеспечивается эквивалентностью двух интегралов, вычисляющих моменты резания на внутренней и наружной буровых коронках по формуле:

$$M1 = \int_0^r Frdr = Fr^2/2; \quad M2 = \int_r^R Frdr = F(R^2 - r^2)/2, \quad (1.1)$$

где F - сила сопротивления породы разрушению на единице длины радиуса разбуривания, R - радиус забоя, r - радиус пограничной между двумя коронками окружности, которая отделяет круговую часть забоя от кольцевой. Приравнивая эти два момента, найдем длину радиуса пограничной окружности, при котором

моменты уравниваются:

$$r = R/\sqrt{2}. \quad (1.2)$$

Из-за неоднородности разбуриваемой породы моменты резания подвержены непрерывным изменениям, поэтому необходимо изменять нагрузку на коронки изменением этого радиуса пограничной окружности, от которого зависят площади разбуриваемые внутренней и внешней буровыми коронками.

Технически это можно осуществить с помощью следующего устройства (рисунок 12). Промывочная жидкость поступает из буровой колонны (бурового шланга) через окна 4 к лопаточным венцам 7 внутреннего ротора турбобура 3 и через окна 5 к лопаточным венцам 6 наружного ротора турбобура 2 под давлением и вращает наружный 2 и внутренний 3 роторы турбобура в противоположных направлениях. Лопаточные венцы 8 статора турбобура 1 при этом не подвижны и лишь разворачивают поток промывочной жидкости. Равенство моментов резания на роторах турбобура обеспечивает им одинаковые угловые скорости вращения, вследствие чего оси 21 сателлитов 20 останавливаются. Если из-за локальной твердости породы возрастает момент резания, допустим на наружной буровой коронке 9, тогда оси 21 сателлитов 20 начинают двигаться из-за разности угловых скоростей турбобуров и, поскольку они соединены с водилом 22, а последнее образует соединение винт-гайка с тарелкой 15, его поворот приводит к подъему тарелки 15 вверх. Тарелка тянет за собой наружные поводки 14 и через наружные поворотные шайбы 13, поворачивает буровые коронки 9 против часовой стрелки на чертеже устройства, точно так же через поводки 17 и поворотные шайбы 16 тарелка 15 поворачивает буровые коронки 11. При этом кольцевая площадь разбуривания (наружная) уменьшается, а круговая (внутренняя) увеличивается до тех пор, пока моменты резания на буровых коронках не сравняются. Точно так же осуществляется изменение площадей, когда возрастает момент резания на внутренней буровой коронке 11. Однако при этом движение осей 21 сателлитов 20 происходит в другом направлении и тарелка 15 движется вниз. [14]

Данный способ бурения позволяет снимать нагрузку со стенок скважины, значительно снижая тем самым риск обрушения скважины. Такое свойство может быть особенно полезно при разбурировании космических объектов, поскольку уменьшает нагрузочные усилия на них.

Этот способ бурения снижает величину искривления ствола скважины тем значительнее, чем более неоднородна разбуриваемая порода. Это следует из следующего анализа. При попадании в зону разбурирования локальной неоднородности, как показано на рисунке 13, усилия резания в круговой и кольцевой частях направлены друг против друга и в большой степени уравнивают друг друга, чем исключается отклонение ствола скважины.

Если же неоднородность встречается лишь в одной из разбуриваемых частей, возникает центр поворота.

Поэтому рассматриваются два случая: неоднородность в кольцевой части или в круговой. В первом случае, как показано на рисунке 14, центр общего поворота буровой коронкой бурового инструмента возникает в кольцевой части и естественно возрастает реактивный момент на буровых коронках кольцевой части. Предлагаемое устройство реагирует на это увеличением размера круговой разбуриваемой части.

При этом появляются дополнительные усилия, которых не было при стационарном ходе процесса. Радиальное движение к оси скважины буровых коронок кольцевой части и противоположное движение к стенкам скважины коронок круговой части создают дополнительные усилия, которые стабилизируют отклонение ствола скважины.

«Во втором случае (рисунок 15), центр разворота находится внутри круговой разбуриваемой части и устройство реагирует противоположным образом, уменьшая площадь круговой части и увеличивая кольцевую часть. При этом так же возникают усилия за счет соответствующего движения кольцевых и круговых буровых коронок, препятствующие общему повороту бурового

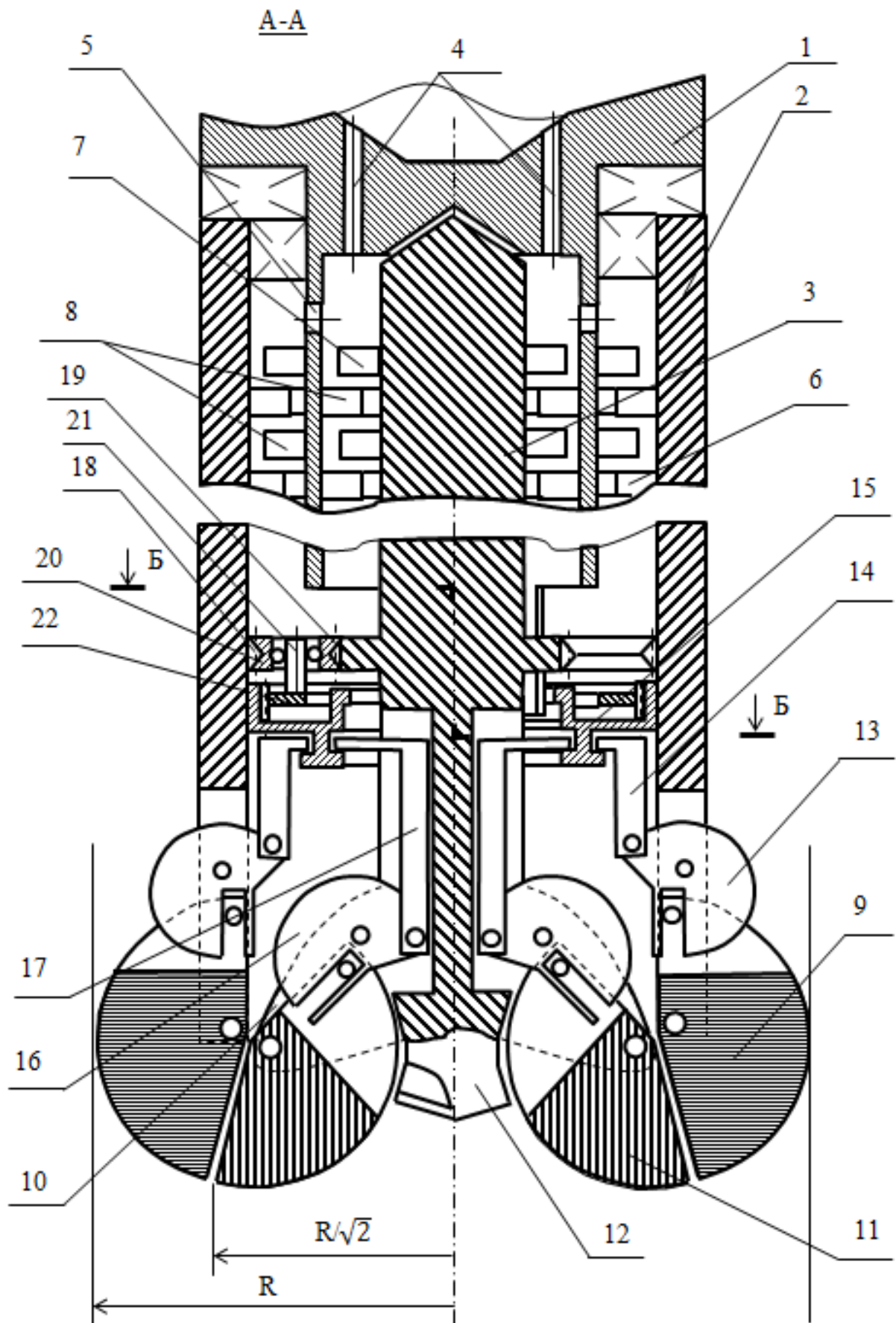


Рисунок 12 - Разрез устройства для бурения

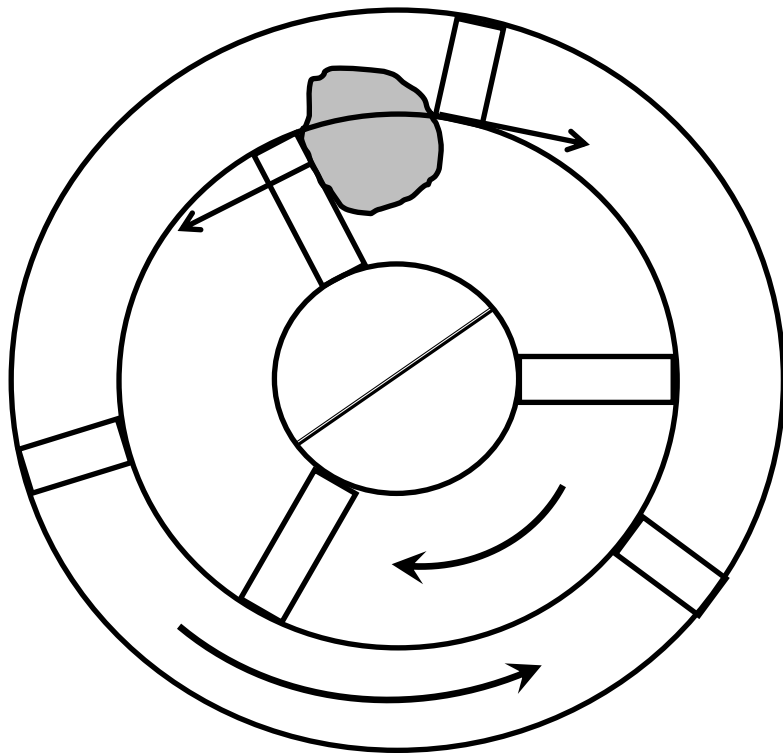


Рисунок 13 – Локальная неоднородность, разбуриваемая с двух сторон

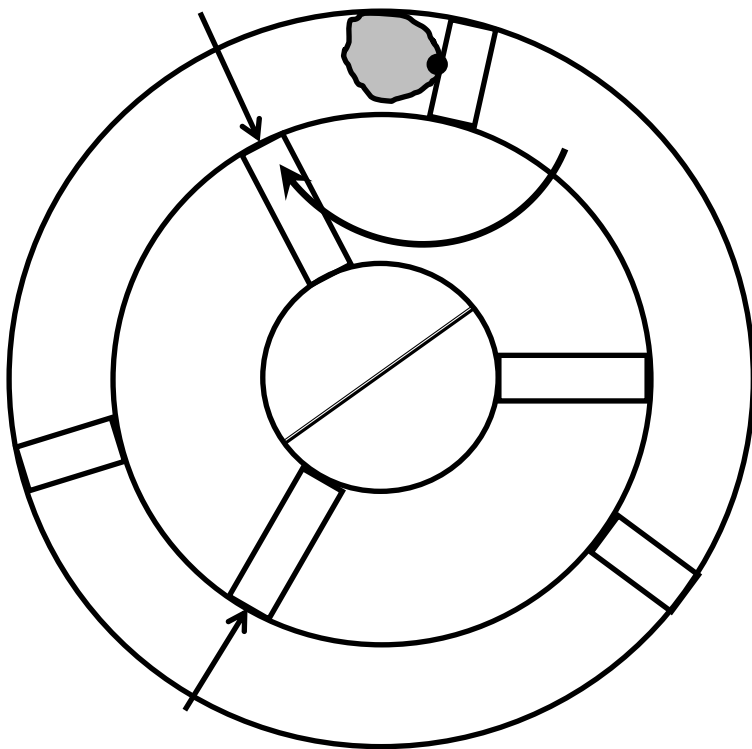


Рисунок 14 – Локальная неоднородность, разбуриваемая кольцевой

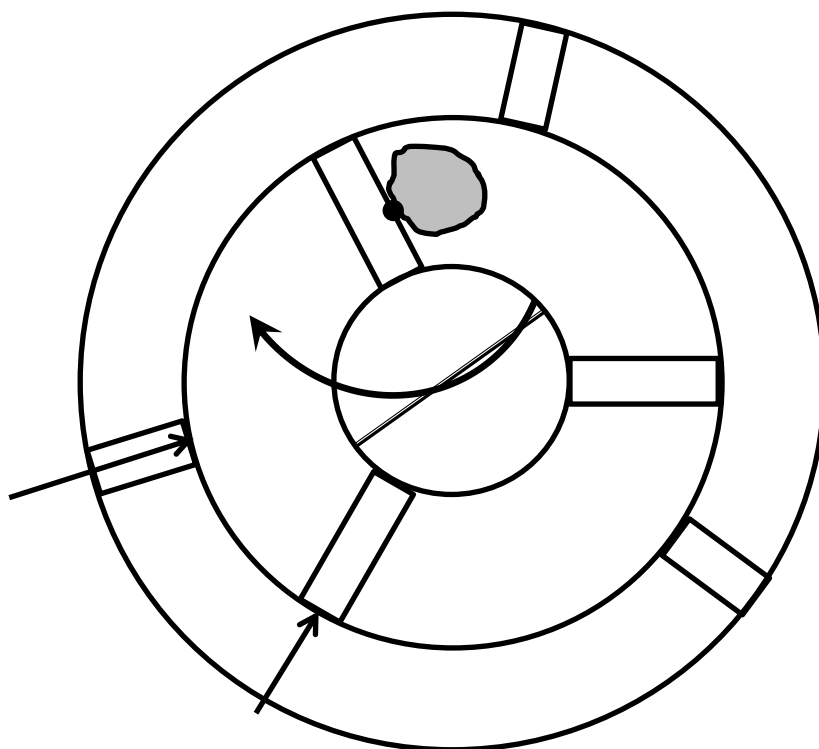


Рисунок 15 – Локальная неоднородность, внутри забоя

инструмента.

Таким образом, предлагаемая технология совершенствует классическую технологию бурения не только в отношении уменьшения энергетических затрат и времени на проведение спуско-подъемных операций, но и в отношении уменьшения риска осложнений, связанных с уменьшением воздействия породоразрушающего инструмента на стенки скважины, а так же в отношении отклонений от вертикальности ствола буримой скважины. Ключевым моментом в порождении такой технологии явилось применение разновращающихся буровых коронок.»

Следующий пример взят из текстильной промышленности. Объемы выпуска тканей с полотняным переплетением доходят до 40% общего объема тканых материалов. В то же время контроль их качества осуществляется человеком в лучшем случае с применением браковочных машин. Происходит это не только потому, что автоматизация этого процесса достаточно дорога, но главным образом из-за того, что она отличается большой сложностью. Этому спо-

собствует большое количество разнообразных пороков, несовершенство имеющихся технологий контроля, зашумленность оптического сигнала о пороках.

Технологию контроля можно разбить на пять операций: развертывание ткани, сканирование, распознавание пороков, реакция на результаты распознавания и укладка проконтролированной ткани. Остановимся более подробно на второй и третьей операциях, от которых в основном и зависит точность и производительность контроля.

Автоматизация операции сканирования обычно осуществляется с помощью сканирующей системы, включающей следующие три элемента: осветительное и фотоприемное устройства, браковочный стол с протягиваемой по нему тканью, подлежащей контролю. Она функционирует следующим образом: осветительное устройство посылает свет на контролируемую ткань; отраженный от ткани свет, несущий информацию о дефектах, воспринимается фотоприемным устройством.

Несмотря на небольшое количество составляющих элементов, конструкция сканирующей системы может иметь разное исполнение. В самом простом случае осветительное и фотоприемное устройства могут состоять из множества элементов (с учетом того, что разрешающая способность должна приближаться к размерам нитей, которых в основе может быть больше 2000), вытянутых в линию (рисунок 16) [15], а ткань протягиваться по плоскому столу. Критериями выбора средств автоматизации обычно служат массогабаритные, стоимостные и точностные показатели. С этой точки зрения недостатком конструкции, изображенной на рисунке 16, являются слишком жесткие требования к близости технических характеристик большого количества элементов осветительной и фотоприемной линеек, что, в конечном счете, сказывается на точности распознавания дефектов.

Частично устранить этот недостаток можно, применив в качестве источника освещения лазер и сведя, тем самым, количество источников света до одного [15]. Для последовательного освещения всех точек ткани по ее ширине

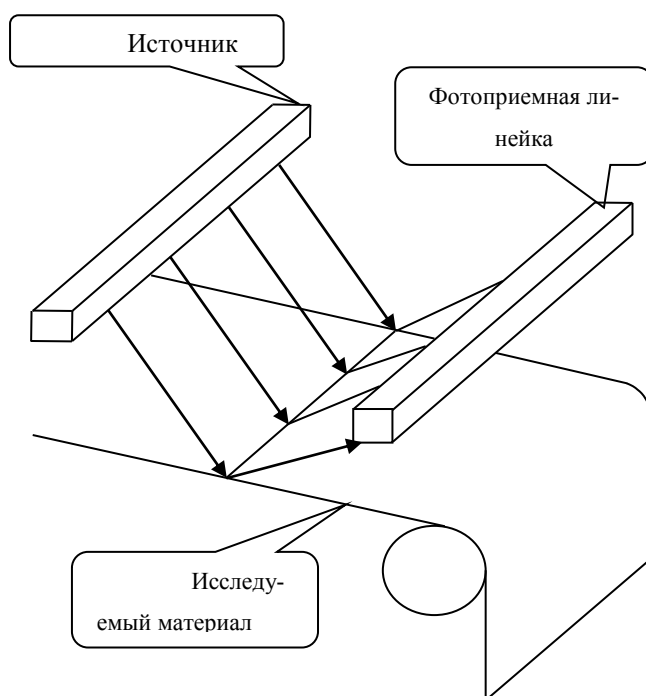


Рисунок 16 – Схема сканирования по ширине ткани

лазерный луч должен совершать сканирующие движения, а для создания одинакового угла падения луча на ткань необходимо изогнутое определенным образом зеркало, стоимость которого из-за сложной поверхности достаточно высока.

Фотоприемную линейку также можно свести к одному элементу, придавая ткани форму в виде дуги окружности, и применяя сканирование ткани вращающимся зеркалом (рисунок 17) [15]. Однако недостатком такой конструкции является неустраняемая вибрация вращающегося зеркала, вносящая дополнительные помехи, и сниженная производительность из-за последовательного сканирования дуги ткани.

Устранить указанный недостаток позволяет схема сканирующей системы, изображенная на рисунке 18 [16]. Конструкция подсистемы включает четыре зеркальных конуса, три линзы, источник освещения, формирователь плоского луча, стандартную ПЗС-линейку, а значит поставленную на поточное изготовление и потому недорогую, а также вакуумный формирователь ткани в виде дуги с помощью пневмонасоса. При этом конусы 5 и 8 имеют наклон образующей

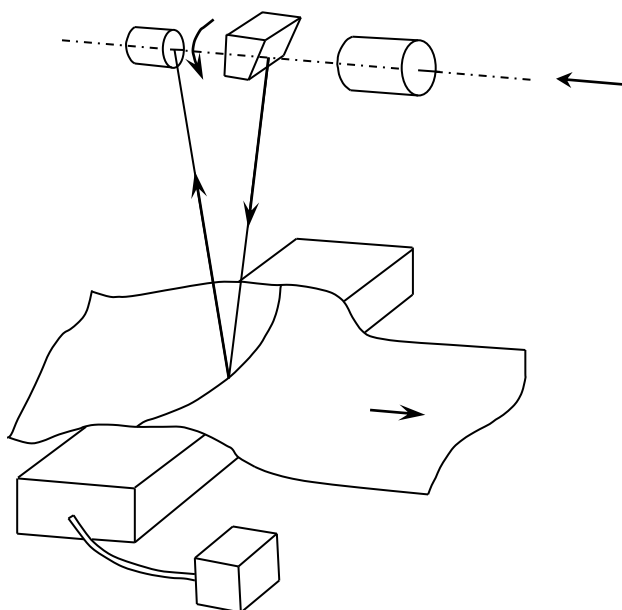


Рисунок 17 – Схема сканирования с вращающимся зеркалом

в 45° .

Во всех этих схемах сканирование поверхности ткани в одном направлении производится за счет протягивания ее вдоль рабочего стола. В перпендикулярном же направлении изображение ткани считывается фотоприемным устройством – в последнем случае в виде линейки на приборах с зарядовой связью (ПЗС-линейки), с которой затем информация считывается с помощью электронных средств. За счет расположения на оси свернутой полукругом с помощью вакуумного формователя ткани, измерительная часть сканирующей системы может иметь очень низкие массогабаритные характеристики при высокой точности считывания информации о дефектах ткани и доступной стоимости за счет стандартной ПЗС-линейки.

Автоматизация операции распознавания дефектов (пороков) ткани может осуществляться с помощью компьютера. При этом существует большое количество специальных алгоритмов распознавания адаптированных к тому или иному виду порока ткани [17,18]. Однако, с другой стороны, существует большое количество этих пороков, появляющихся при прядении, ткачестве и отделке. Специальные алгоритмы требуют вычисления разных (часто однократно

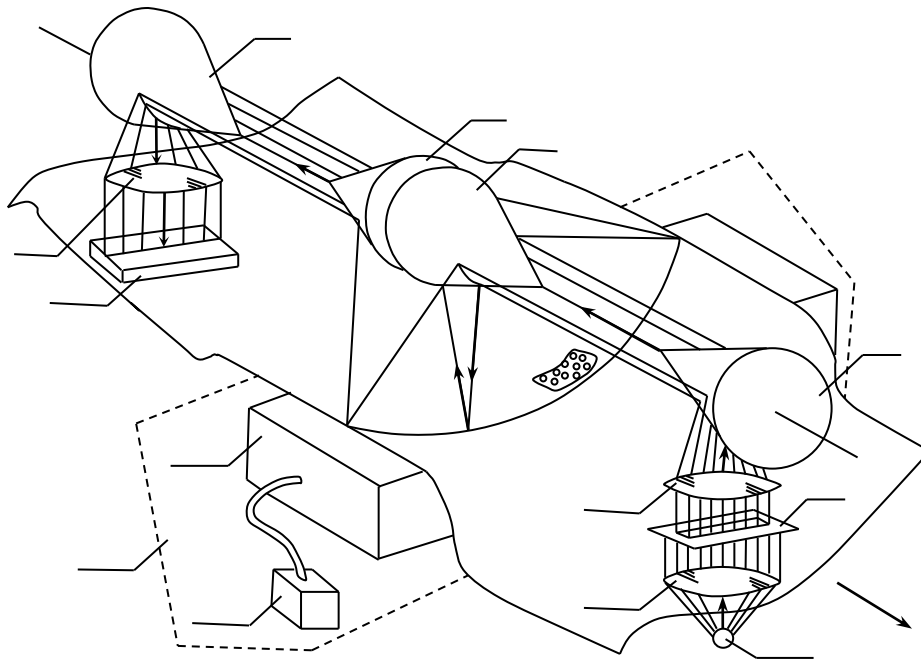


Рисунок 18 – Конструкция подсистемы сканирования ткани

используемых) признаков, из-за чего время распознавания возрастает. Здесь необходимо искать некий универсальный алгоритм.

Ткань с полотняным переплетением по своей структуре представляет регулярное переплетение нитей. Очевидно, на частоте переплетения будет наблюдаться резонансный всплеск на графике спектральной плотности мощности (СПМ) изображения ткани в пространственно-частотной области (рисунок 19 – СПМ отложена в децибелах, по горизонтали номера фильтров).

Всякое отклонение этого всплеска от эталонной формы будет говорить о наличии порока [15,19]. Кроме того существует метод информативных гармоник [20], который утверждает, что всегда есть пространственные частоты, на которых фильтры наиболее чувствительны к информации об определенных пороках. Количество и частоты настройки этих фильтров необходимо выбирать из заданной точности распознавания и оценки «распознающей силы» признаков в виде откликов этих фильтров на предъявленное изображение ткани с пороками [21]. «Распознающая сила» признаков может быть оценена с помощью критерия Горелика и др. [22] равного отношению произведения дисперсий данных

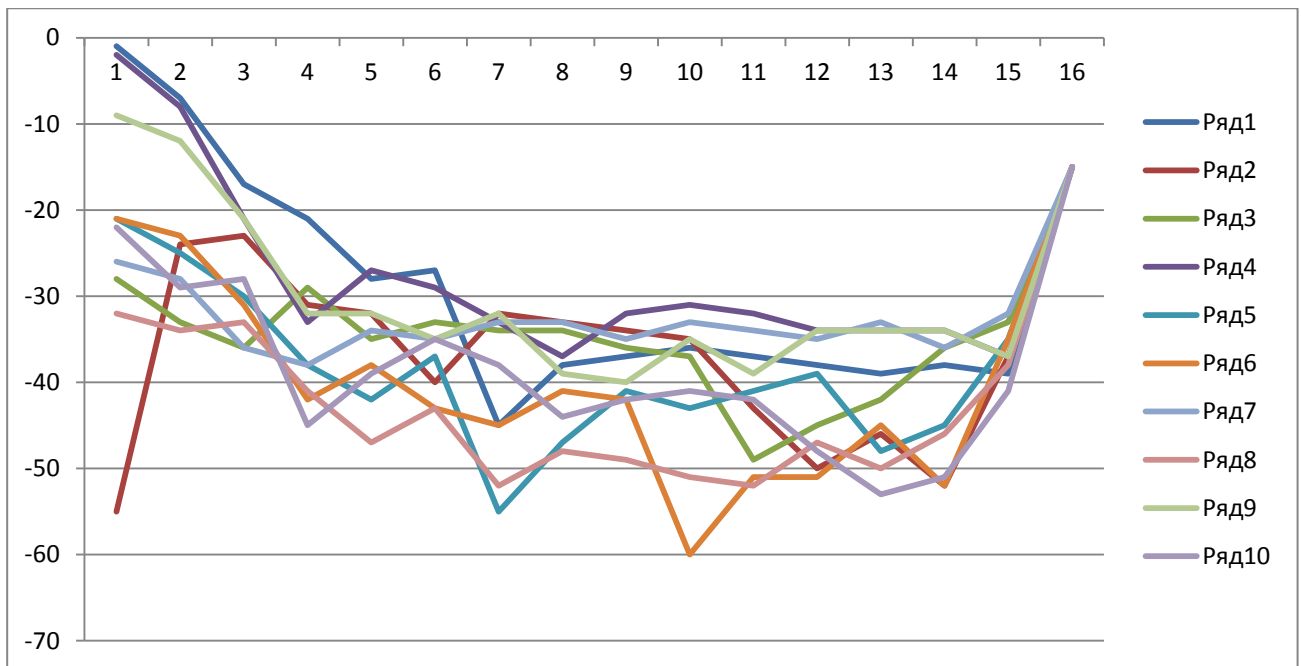


Рисунок 19 - График взаимной спектральной плотности мощности для 10 дефектов

относительно эталона класса к квадрату расстояния между классами. Однако этот критерий сравнивает только два класса дефектов. Для распознавания всей гаммы дефектов необходимо выбирать частоту фильтра, на которой все классы максимально разнесены. Для сравнения можно выбирать среднее значение упомянутого коэффициента, тогда лучшим является фильтр с первой частотой на рисунке 19. Однако высокое среднее значение критерия может получаться из-за большого расстояния только для одного класса дефектов, что и происходит на рисунке 19. Можно сравнивать максимальное и минимальное значение этого критерия, чем ближе они друг к другу, тем равномернее распределена по классам «распознающая сила» данного признака (значение СПМ на данной частоте) – по этому показателю лучшим является фильтр с частотой 11 на рисунке 19. С другой стороны, увеличение количества выбранных фильтров повышает точность распознавания, но удорожает подсистему, поэтому здесь надо ставить и решать оптимизационную задачу.

Таким образом, размещение измерительной части сканирующей системы на оси свернутой полукругом с помощью вакуумного формователя ткани,

позволяет резко снизить ее массогабаритные показатели при сохранении точности и производительности. Выбор в качестве основы для распознавания дефектов ткани аппарата пространственных частот позволяет создавать универсальные алгоритмы распознавания. При оценивании «распознающей силы» признака необходимо не только попарное ее сравнение, но и определение среднего ее значения по всем классам или диапазона разброса, что позволяет выбрать наиболее эффективные признаки и минимизировать их количество.

Наконец рассмотрим технологию, относящуюся к медицине. Она может быть использованы в офтальмологии для контроля динамики восстановления зрительных функций в процессе лечения «близорукости».

Известен способ диагностики первичной глаукомы, включающий фиксацию взора пациента, предъявление тест-объектов по полю зрения и контроль состояния глаза по результатам обследования (авт. свид. СССР 1222269, МКИ А 61 F 9/00, БИ 13, 07.04.86 г.).

Известно устройство для диагностики первичной глаукомы, описанное в способе диагностики первичной глаукомы (авт. свид. СССР 1222269, БИ 13, 07.04.86 г.).

Устройство включает корпус, поворотное табло с лампами, соединительный кабель с разъемом, лицевой установ для опоры, фиксации и регулировки положения головы исследуемого и контрольной штанги.

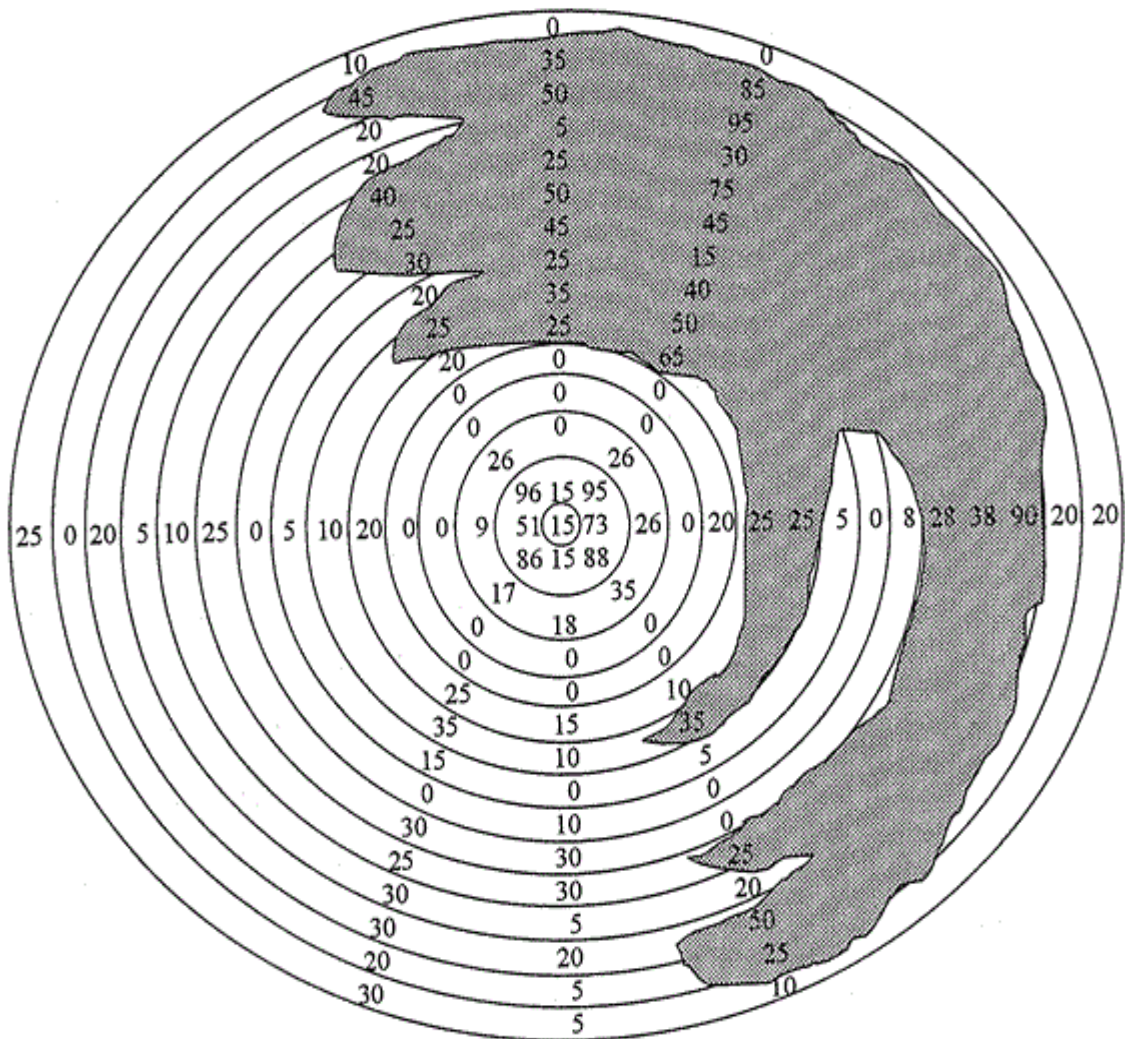
Однако данные способ и устройство обладают низкой чувствительностью к малым изменениям зрительных функций из-за выбора слабо чувствительного квадранта поля зрения и использования точечных тест-объектов. К тому же он предназначен только для диагностики первичной глаукомы.

Тем не менее, данный способ и устройство для его осуществления являются наиболее близкими к заявляемым по технической сущности и достигаемому эффекту [23].

Задача, на решение которой направлена данная технология, решается тем, что в известном способе, включающем фиксацию взора пациента, предъявление тест-объекта в верхненаружном квадранте поля зрения и контроль состояния

глаза по результатам обследования, предъявляют протяженный тест-объект с изменяемой яркостью, а результат измеряют по порогу светочувствительности, а также тем, что в известном устройстве, включающем корпус с поворотным табло со встроенным источником переменного освещения, реле времени и лицевым установом, источник переменного освещения выполнен в виде световой панели в форме широкой секторной дуги, а устройство снабжено блоком формирования линейно возрастающего напряжения и кнопкой фиксации момента появления зрительного образа.

На рисунке 20 изображены результаты периметрии в процессе контроля лечения близорукости.



Фиг. 1

Рисунок 20 - Результаты периметрического контроля

На рисунке 21 изображено устройство для реализации способа контроля процесса лечения близорукости; на рисунке 22 - лицевой установ; на рисунке 23 - поворотное табло; на рисунке 24 – «электрическая схема».

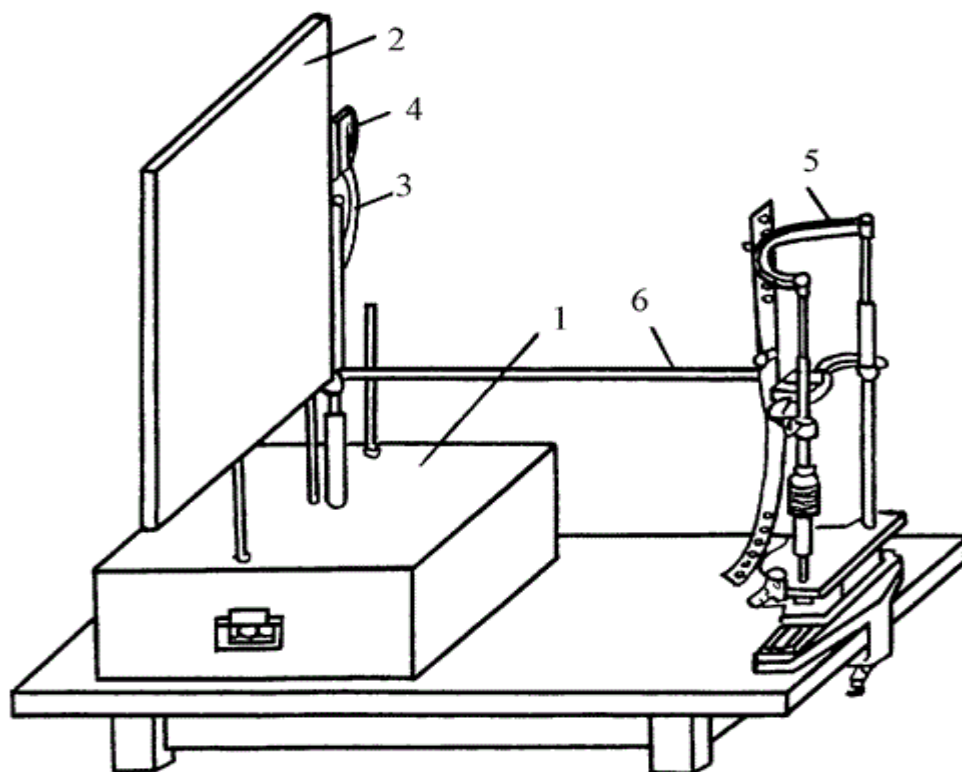
Устройство состоит из корпуса 1 с электрооборудованием, поворотного табло 2, соединительного кабеля 3 с разъемом 4, лицевого установа 5 для опоры, фиксации и регулировки положения головы исследуемого, контрольной штанги 6. Поворотное табло 2 устроено таким образом, что лицевая его сторона не отличается от тыльной. Табло 2 свободно вращается на оси штанги 7 до ограничителей 8, перемещается в вертикальном направлении при помощи гайки 9 и фиксируется стопорным винтом 10. Внутри табло 2 размещена световая панель 11 в форме широкой секторной дуги. В нижнем ближнем к штанге углу табло расположена точка фиксации 12, от которой отсчитываются используемые в технологии радиусы.

Лицевой установ 5 имеет четыре подвижки: одну вертикальную 13, одну горизонтальную грубой подвижки в виде салазок 14» и две тонкие подвижки 15, 16 (вправо - влево) в виде ходового винта.

Электрическая схема устройства включает блок формирования линейно возрастающего напряжения 20, реле времени 21 и кнопку 22 выключения реле, а также световую панель 11.

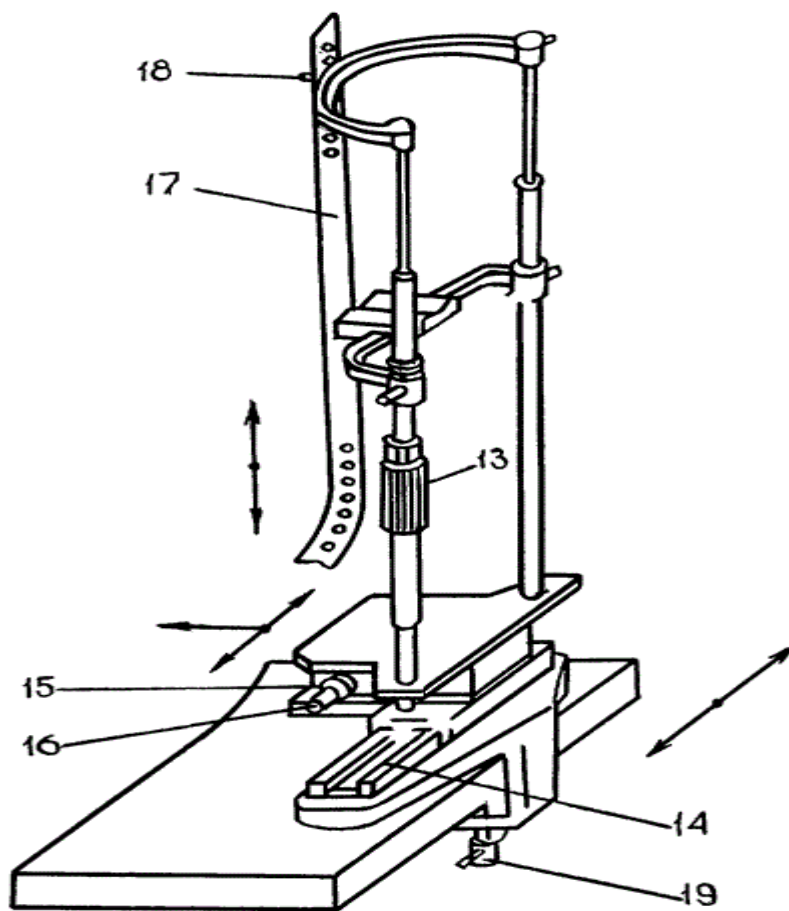
Результаты экспериментов представлены на рисунке 20. Здесь выделена зона, наиболее чувствительная к изменениям в процессе лечения близорукости (по уровню изменения чувствительности - 25). Как видно, основная ее «часть расположена в верхневисочном квадранте в виде широкой секторной дуги.

Другие зоны повышенной чувствительности к изменениям во время лечения близорукости не принимались во внимание ввиду их "островкового" характера, ведущего к неоправданному усложнению конструкции световой» «панели.



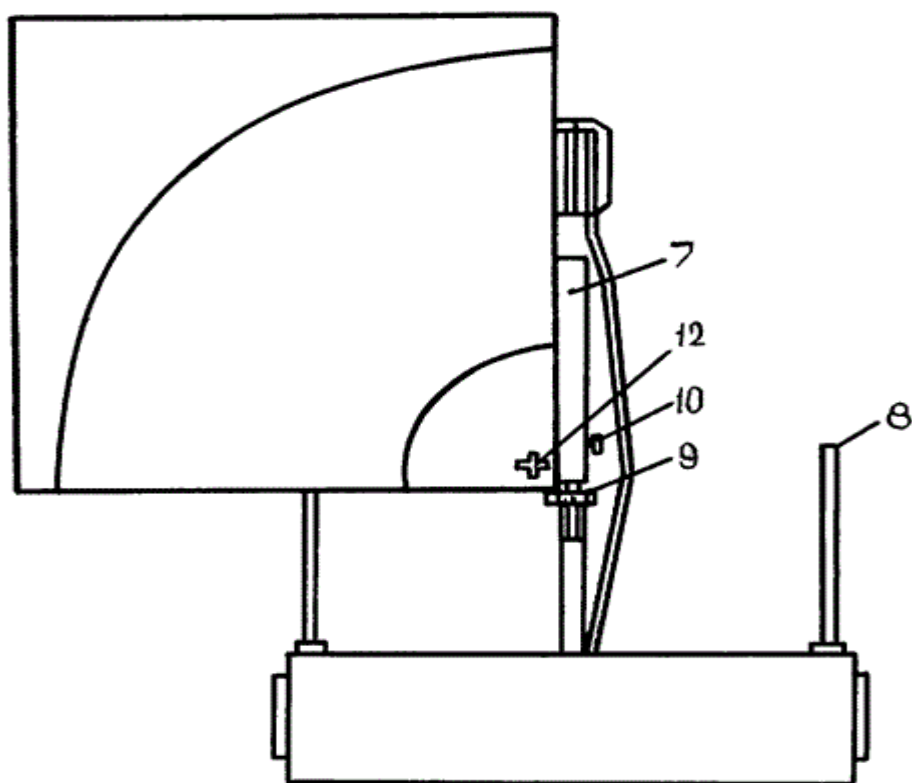
Фиг. 2

Рисунок 21 – Устройство для реализации описываемого способа



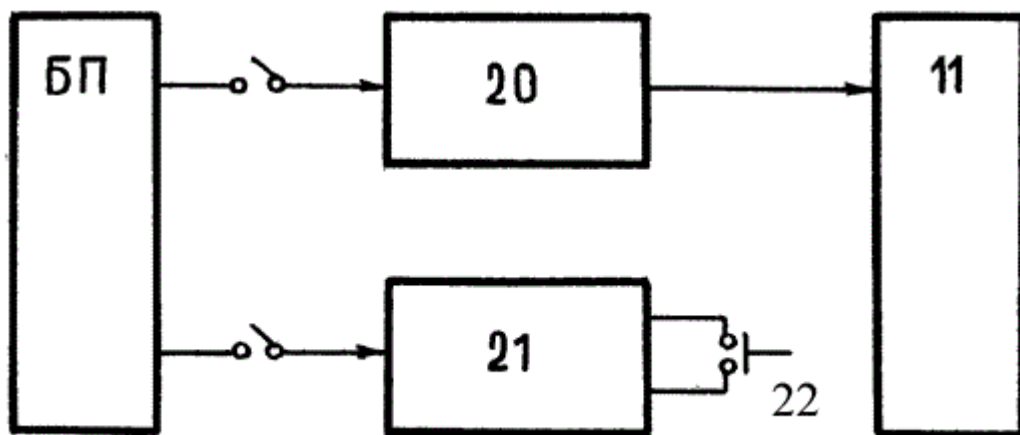
Фиг. 3

Рисунок 22 – Лицевой установ



Фиг. 4

Рисунок 23 – Поворотное табло



Фиг. 5

Рисунок 24 – Электрическая схема

Способ осуществляется следующим образом. Подготавливают устройство к работе - для исследования правого глаза поворачивают табло 2 вправо от пациента и при помощи гайки 9 устанавливают в нужном вертикальном положении (в зависимости от роста исследуемого). Усилением правой руки лицевой установ 5 переводят в крайнее левое положение (по отношению к исследуемому). Затем подготавливают к исследованию пациента, для этого он в течение 3-

5 минут находится в умеренно затемненном помещении (условия мезопического зрения). Далее укладывают подбородок исследуемого на горизонтальную штангу лицевого установа 5 таким образом, чтобы верхняя часть лба касалась надлобника, левый глаз исследуемого прикрывают резиновой полосой 16, предварительно положив на закрытый глаз стерильную салфетку, а полосу проводят под левым ухом и закрепляют на шпильке 18 правой вертикальной штанги лицевого установа. Слегка оттягивают книзу и поворачивают к исследуемому правому глазу контрольную штангу 6. При помощи горизонтальных подвижек 15 и 16 лицевого установа располагают торцовый конец контрольной штанги на уровне нижнего века на расстоянии от него в 1-2 мм, ставят на свое место контрольную штангу, и обращают внимание исследуемого на направление взора на точку фиксации. Далее включают блок линейно возрастающего напряжения 20 и реле времени 21. Как только пациент увидит световой сигнал, он нажимает кнопку 22, которая останавливает реле времени 21. По времени реакции пациента рассчитывают порог световой чувствительности глаза.

Такую технологию сделало возможным выявление особой зоны сетчатки, на основе экспериментальных исследований. Техническим результатом ее применения является повышение чувствительности измерений при контроле процесса лечения близорукости.

1.5 Технологии будущего

1.5.1 Космические технологии

Сегодня космические технологии базируются на химическом сжигании топлива, обеспечивающем скорость истечения продуктов сгорания до 3000 м/сек. Эффективность ракетного двигателя пропорциональна скорости истечение продуктов сгорания из сопла, поэтому в настоящее время исследователи стремятся повысить этот параметр, например за счет ядерных двигателей, позволяющих достичь скоростей истечения до 50 км/сек.

Более перспективными в этом отношении могут быть электрические ракетные двигатели. Различают электротермические ракетные двигатели, электростатические (ионные) ракетные двигатели и электромагнитные ракетные двигатели. Они могут обеспечить скорость истечения более 200 км/сек.

Плазменные двигатели могут обеспечить скорость истечения 1000 км/сек и более. С другой стороны, очевидно, что есть предел у скорости истечения рабочего тела ракетного двигателя – это скорость света, поэтому самым эффективным будет фотонный двигатель. Для него предлагают применять в качестве горючего антивещество и тогда все топливо будет аннигилировать в фотоны.

Учитывая гигантские расстояния, полеты к другим галактикам невозможны даже с фотонным двигателем. Поэтому уже сегодня теоретики задумываются над варп-двигателем, или двигателем Алькубьерре. Эта технология позволит кораблю преодолевать межзвёздные расстояния со скоростями, превышающими скорость света. Работа двигателя основана на сжатии пространства перед кораблем и расширении позади него, что позволяет ему буквально «пронзать» пространство, оставаясь на месте. Корабль не разгоняется – локально - даже до околосветовых скоростей, но, тем не менее, движется быстрее, чем плоская электромагнитная волна в вакууме, находясь в «пузыре» Алькубьерре. Более быстрый способ передвижения - по «кротовым норам» или «червоточинам», однако это все пока находится в области фантастических технологий.

С другой стороны, близка к реальному исполнению технология доставки кораблей в космос с помощью космических лифтов. «На высоте 35 786 км над экватором период обращения спутника сравнивается с периодом вращения Земли — это так называемая геостационарная орбита. Выведенное на такую орбиту тело неподвижно висит над одной точкой на земной поверхности. Если протянуть к нему очень длинный и прочный канат, то [24]» по нему можно будет подниматься и спускаться назад без использования дорогостоящих и опасных ракет. При этом канат необходимо протянуть чуть дальше геостационарной точки и закрепить на нем противовес.

Критическим в данной технологии является материал каната. С «уже из-

вестными человечеству материалами — паучьим «шелком» (1,3 ГПа при плотности 1,2 г/см³), углеродистым стекловолокном (2 - 5 ГПа при 1,9 г/см³), кевларом (3,6 ГПа, 1,4 г/см³) - толщина троса в верхней части получается от сотен километров до всего десятка метров. [24]»

Свое продолжение технология доставки на орбиту с помощью космического троса получила в 1991 году. В этот момент появились принципиально новые материалы - углеродные нанотрубки, имеющие характеристики, подходящие для реализации этой технологии. Они представляют собой протяженные цилиндрические структуры углерода нанометрического размера. В поверхности, образующей трубочку атомы углерода соединены в гексагональную (шестиугольную) решетку, которая задает высокую прочность такой упаковке. По своему сопротивлению на разрыв эти трубки более чем на порядок превосходят сталь, но в то же время имеют в шесть раз меньшую плотность.

Обсуждается технология создания подобного лифта и между землей и лунной. Однако в настоящее время внедрение таких технологий наталкивается на массу неразрешимых при существующем уровне технологий изготовления нанотрубок проблем.

С другой стороны, сам космос может способствовать новым технологиям, связанным с вакуумом, низкими температурами, прямым получением энергии от солнца др. Новых технологий планетарного масштаба требует освоение Луны, Марса и даже Венеры, которые могут быть подвергнуты терраформированию, то есть преобразованию с целью возможности обитания на них живых земных существ и растений, если это возможно.

1.5.2 Нанотехнологии

Почему вдруг размер дал название совокупности прорывных технологий. Дело тут в том, что именно начиная с момента, когда кубик вещества имеет размер вдоль каждой из граней менее, чем 100 нм, количество атомов внутри него приближается к количеству атомов, находящихся на его поверхности. Вслед-

ствие этого свойства многих веществ резко изменяются.

Считается, что идею нанотехнологий провозгласил Р. Фейнман в 1959 г. Сам термин «нанотехнология» ввел профессор Токийского университета Норио Танигучи в 1974 г. и понимал он под этим первоначально обработку материала путем добавления или удаления с поверхности атома или молекулы. Теперь это понимание расширено и под этим термином подразумевают «процессы создания материалов, структур и устройств с зёрнами, слоями и элементами в субнанометровом диапазоне, а также методов их измерения». Греческий термин «нанос» означает «гном»; 1 нанометр (нм) равен одной миллиардной доле метра или, что то же самое, одной миллионной доле миллиметра. Созданные на их основе вещества и объекты размером 1 – 100 нм называют наноматериалами, а способы их производства и применения – нанотехнологиями.

Функциональное назначение нанотехнологии так же трактуется довольно четко – «изготовление и использование структур, приборов и систем, которые имеют новые свойства и функции вследствие их малых размеров.»

После осознания нанотехнологий как самостоятельной области исследований пошло их поэтапное развитие. В 1981 г. Герд Бинниг и Генрих Рорер из лаборатории ИВМ в Цюрихе изобрели сканирующий туннельный микроскоп для наблюдения наноструктур, основанный на измерении туннельного тока. 1982 год - разработан растровый туннельный микроскоп.

1986 год - создан атомный силовой микроскоп, ставший инструментом по сборке нанообъектов.

В 90 годы прошлого века – появилось учение о квантовых точках, разработаны фуллерены, углеродные нанотрубки, а так же идея «машин созидания» для манипулирования атомами, появилась бытовая нанопродукция.

В 2000 году – открыт графен и началось исследование его свойств.

Нанотехнологии уже применяется промышленно для создания сверхчувствительных нанодатчиков, детектирования токсичных химических, биологических, ядерных и взрывчатых веществ, а также композитных материалов, катализаторов, сорбентов, антибактериальных покрытий и косметических препара-

тов. Использование нанотехнологий только начинается в биологии, а также в области создания новых электронных материалов и приборов. Наиболее ранние промышленные применения нанотехнологий в микроэлектронике следует ожидать при создании катодных узлов, дисплеев, особенно на углеродных нанотрубках, и энергонезависимой памяти на магнитных, полимерных и молекулярных наноструктурах.

Кремниевые заводы сегодня уже производят массово микросхемы с размерами элементов 65 нм, готовят производство для интегральных микросхем с уровнем 45 нм и лабораторно масштабируют их к уровню 32 нм и даже до 22 нм. Последние размеры уже «достигают того фундаментального предела, за которым начинается нанофизика, где начинают появляться в полной мере квантовые эффекты, а электропроводность определяется квантово-механической интерференцией электронных волн.»

Поскольку к области нанотехнологий относятся процессы контролируемого получения веществ и материалов рассмотрим два способа реализации: типа «снизу–вверх» (англ. «bottom–up» nanotechnology) и типа «сверху–вниз» (англ. «top– down» nanotechnology).

Первый тип нанотехнологии – «технология получения наноструктурированных материалов, в которой реализуется образование наночастиц из атомов и молекул, то есть достигается укрупнение исходных элементов структуры до частиц нанометрового размера. К технологиям этого типа относятся методы, применяемые для получения изолированных наночастиц, нанопорошков и компактных наноматериалов такие, как: газофазный синтез с последующей конденсацией паров; плазмохимический синтез; осаждение из коллоидных растворов; химическое и физическое осаждение пленок и покрытий из газовой фазы (CVD и PVD), плазмы или жидких растворов на подложку; электроосаждение пленок и покрытий; термическое разложение (пиролиз); детонационный синтез.»

Ко второму типу нанотехнологий относится «технология получения наноструктурированных материалов, в которой нанометровый размер частиц достигается с помощью измельчения более крупных частиц, порошков или зе-

рен твердого тела. К технологиям этого типа относятся, например, методы, применяемые для получения компактных наноматериалов и нанопорошков из объемных заготовок: кристаллизация аморфных сплавов; интенсивная пластическая деформация; электрохимическое травление; упорядочение твердых растворов и нестехиометрических соединений.»

Возможные перспективы нанотехнологий затронули и писателей фантастов. В 1986 г. вышла книга Э. Дрекслера «Машины созидания: наступление нанотехнологической эпохи», в которой предсказывалось доминирование нанороботов, способных в случае выхода из под контроля перерабатывать всю доступную им материю и биомассу, превращая окружающий мир в «серую слизь» (Grey Goo). Однако ученые отнеслись к этой идее скептически, поскольку подобный процесс потребует огромных затрат энергии.

Другая опасность, исходящая от нанотехнологий более реальна. Она связана с токсичностью наноматериалов. Появилась даже область науки нанотоксикология (англ. Nanotoxicology) – «это изучение токсичности наноматериалов, то есть наука о созданных наноустройствах и наноструктурах, имеющая дело с их воздействием на живой организм. Наноматериалы, созданные даже из инертных соединений, таких как золото, становятся высокоактивными на нанометровом диапазоне. Токсичность могут проявлять как искусственно полученные наночастицы, так и наночастицы естественного происхождения из вулканических выбросов, атмосферы и т.д. Из-за квантовых эффектов и большой удельной площади поверхности у некоторых наночастиц проявляются необычные патогенные свойства. Это в некоторых случаях может привести к токсическим эффектам (например, для легочной ткани). Некоторые наночастицы проявляют способность к перемещению с первоначального места расположения в удаленные участки, такие как кровь или мозг, что также может быть опасно для здоровья человека. Возможную токсичность наночастиц и наноматериалов нужно учитывать при их использовании, например, в быту, в медицине и тому подобное.»

1.5.3 Биотехнологии

Биотехнология — дисциплина, изучающая возможности использования живых организмов, их систем или продуктов их жизнедеятельности для решения технологических задач, а также возможности создания живых организмов с необходимыми свойствами методом генной инженерии.

Биотехнологией часто называют применение генной инженерии в XX—XXI веках, но термин относится и к более широкому комплексу процессов модификации биологических организмов для обеспечения потребностей человека, начиная с модификации растений и животных путём искусственного отбора и гибридизации. С помощью современных методов традиционные биотехнологические производства получили возможность улучшить качество пищевых продуктов и увеличить продуктивность живых организмов. На рисунке 25 приведено в качестве иллюстрации технология производства продуктов из водорослей.



Рисунок 25 - Возможные способы применения массовой культуры водорослей

Современные биотехнологии основываются на достижениях генетики,

молекулярной биологии, биохимии, эмбриологии и клеточной биологии, а также прикладных дисциплин — химической и информационной технологий и робототехники.

Генная инженерия является сравнительно молодой наукой и уже становится технологией - ее история насчитывает всего около полувека. «*Генетическая, или генная, инженерия* — это не отдельная наука, а огромная и постоянно развивающаяся научно-технологическая платформа, вобравшая в себя самое ценное из генетики, биохимии и химической инженерии, молекулярной и клеточной биологии, микробиологии и вирусологии. Благодаря этой платформе у нас появилась возможность обсуждать такие понятия, как *генетически модифицированный организм* (ГМО) и *генная терапия*. Генная инженерия в широком смысле — это третье поколение инструментов для изменения наследственной информации. В отличие от первых двух — селекции, применяемой тысячами, и индуцированного мутагенеза, создавшего с начала 20 века более двух тысяч разновидностей растений, - новый инструмент работает прецизионно и быстро. А потому порождает непредставимые ранее научные соблазны и коллективные фобии. Кто-то видит в генной инженерии спасение человечества, кто-то — козни дьявола, но все сходятся в одном: она изменила мир.»

«Генная инженерия рождалась в 1971–1973 годах сразу в нескольких американских лабораториях. Но, пожалуй, ее инкубатором можно назвать Стэнфорд. В 1972-м группа стэнфордского биохимика Пола Берга впервые провела сплайсинг генов - сшила фрагменты ДНК разного происхождения, получив так называемую рекомбинантную ДНК. Создание такой химеры сразу же вызвало опасения некоторых биологов относительно безопасности ее введения в клетки живых организмов. Заразился этими опасениями и сам Берг. Группа отложила эксперименты на живых организмах, добровольно отказавшись от славы создателей первого генетически модифицированного организма. А главное, с тех самых пор развитие генной инженерии постоянно сопровождали и ограничивали всевозможные этические дилеммы.

В 1973-м журнал *PNAS* рассказал о первом организме, полученном с по-

мощью рекомбинантной ДНК. *Escherichia coli* несла рекомбинантную плазмиду, «сшитую» из фрагментов двух разных плазмид и функционально ничем не уступала молекулам природным. В роли демиургов выступили сотрудники Калифорнийского и Стэнфордского университетов: Герберт Бойер, Энни Чен, Роберт Хелинг и Стэнли Коэн. Этот коллектив осознал и постепенно показал, что в принципе любой ген из любого организма можно с помощью особых ферментов легко внедрить в векторную плазмиду (кольцевой ген) и экспрессировать в совершенно ином генетическом окружении.»

1.5.4 Интеллектуальные технологии

Стремительное возрастание информационных потоков в наше время требует разработки интеллектуальных технологий для выявления разного рода полезных в ситуационном управлении [25,26] и процессе принятия решений сведений. Не случайно поиск этой полезной информации называется Data Mining, то есть он сравнивается с добычей полезных ископаемых в руднике, при которой приходится перерабатывать горы пустой породы ради малого количества полезных ископаемых.

С другой стороны, в наше время нередко можно услышать слова интеллектуальный привод, умный дом, Smartfon и так далее. Все это говорит об ускоренном проникновении интеллектуальных технологий даже в быт людей, не говоря уже о производстве.

Однако естественный интеллект все еще требует глубокого исследования для понимания, происходящих в нем процессов. Психологи выделяют три вида мышления: наглядно - деятельностное, наглядно-образное и понятийное. Кроме того, наделение интеллектуальных систем немонотонной логикой, доказательством по аналогии, индуктивным выводом, вероятностными методами рассуждений все еще требуют разработки соответствующих алгоритмов.

С другой стороны, искусственный интеллект как совокупность знаний и механизмов их целенаправленного использования для решения проблем, опре-

деляемых потребностью или необходимостью технологической системы уже доказал свою эффективность в таких прикладных системах как (см. рисунок 26):

- экспертные системы;
- интеллектуальные роботы;
- системы интеллектуального анализа данных;
- системы речевого общения;
- системы распознавания текстов;
- системы идентификации личности по отпечаткам пальцев или по другим

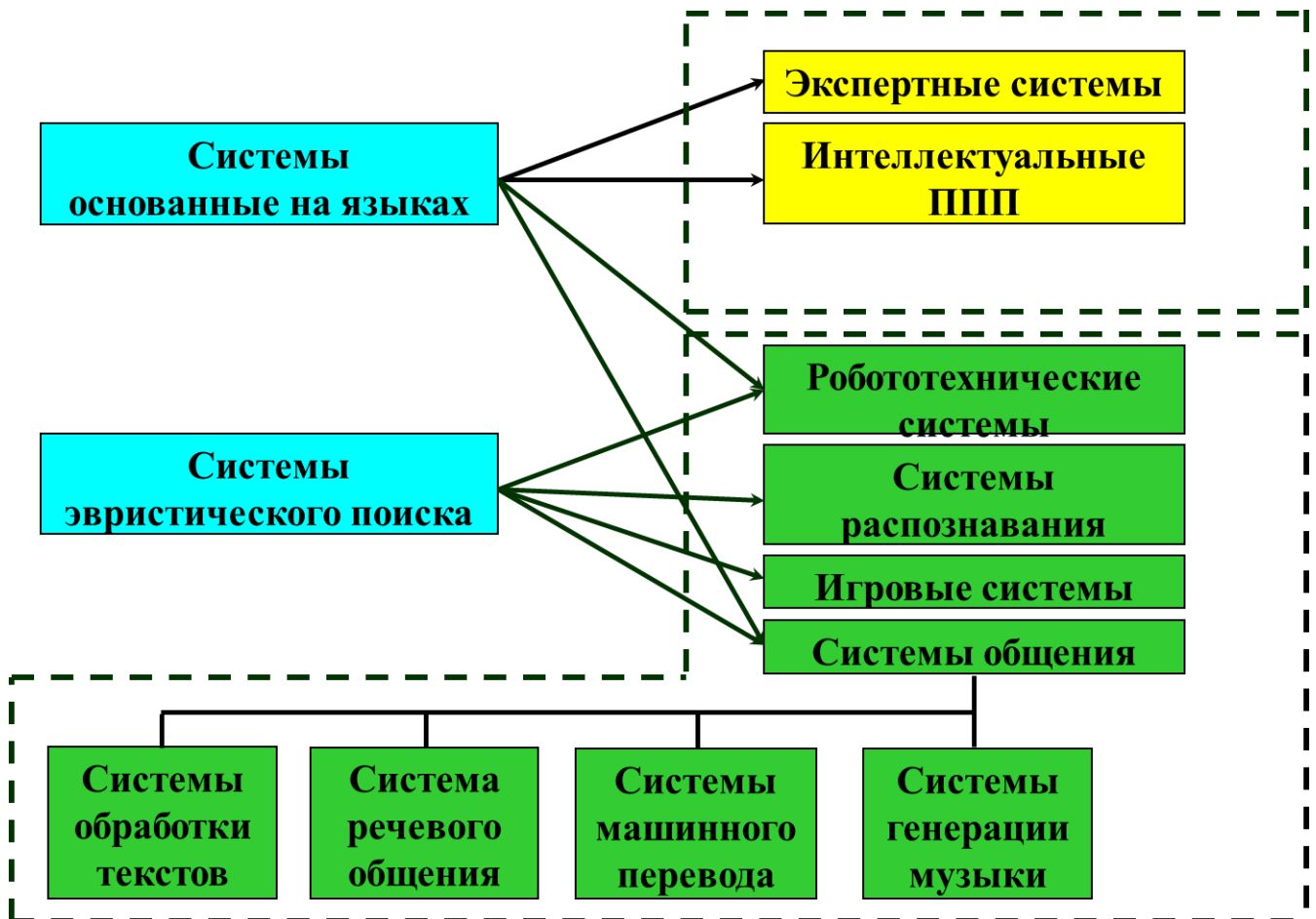


Рисунок 26 – Прикладные системы искусственного интеллекта

- визуальным признакам;
- системы машинного перевода;
- диалоговые системы на естественном языке;
- системы поиска информации по запросу на естественном языке.

Как видим из рисунка, прикладные системы искусственного интеллекта разбиваются на два класса: системы, основанные на языках и системы, основанные на эвристическом поиске. В первом случае пользователь помогает системе на естественном языке, во втором - системы более самостоятельны

1.6 От технологизации к автоматизации

Представленный выше анализ позволяет сделать ряд выводов по проведению процесса технологизации.

1. Технологизация начинается с творческого акта - озарения или в результате проведенного научного поиска, то есть с зарождения основной идеи.

2. После зарождения идеи проводится поиск лучшего оборудования, инструментов (механизмов) для внедряемой технологии, подбираются параметры протекающих при ее осуществлении процессов, то есть происходит совершенствование - отработка технологии, возрастают масштабы ее использования.

3. Прогресс технологии после зарождения, ее масштабирование увеличивает, усиливает ее достоинства и недостатки. Последние заставляют задуматься о ее совершенствовании, то есть технология сама несет зародыш будущего развития.

4. Технология после зарождения идеи проходит этап роста, стабильного использования, пока не заменяется новой, это доказывает существование жизненного цикла технологии.

5. По отработанной пространственной координации оборудования и инструментов, временной синхронизации проводимых в данной технологии процедур и операций, значениям параметров протекающих процессов – технологических режимов, на этапе автоматизации будет синтезироваться соответствующая система управления.

6. Этап автоматизации после постановки и решения задач оптимального или адаптивного управления служит основанием для совершенствования технологии уже с позиций управления.

2 Автоматизация

«Автоматизация, начавшись с простейших автоматов, вызывавших удивление, а порой даже страх, захватила постепенно обширные сферы человеческой деятельности. Она проникла даже в такие области, которые еще недавно считались недоступными для нее – интеллектуальная деятельность (игра в шахматы, сочинение музыки, искусственный интеллект). Проникая в другие специальности, автоматизация использует методы и средства, специфичные именно для них и, таким образом, размывает границы. Однако это размывание грозит раздробить саму автоматизацию по отдельным специальностям и тем самым уничтожить ее как единое целое. Поэтому задачей специалистов по автоматизации является выявление наиболее общих методов и средств автоматизации для развития ее как науки» [27].

2.1 История автоматики

Автоматика, несмотря на ее сегодняшний статус, одна из самых древних наук. В доказательство достаточно сказать, что все ловушки для зверей птиц и рыб, которые человек начал использовать в первобытную эпоху являются первыми автоматами. Ведь автомат в переводе с греческого значит самодействующий (от греч. αὐτόματος), а принцип ловушек, как раз в самодействии - без присутствия человека рядом.

Древние охотники использовали ловушки в виде падающих бревен (см. рисунок 27), в виде вздергивающих ловушек (рисунок 28) или сети-ловушки. В этот период находят свое применение также самострелы, до сих пор используемые некоторыми северными народами. Дальнейшим развитием самострельной техники стал арбалет (фр. arbalète, от поздне-лат. arcuballista: лат. arcus — лук и ballista — метательный снаряд) как стрелового, так и болтового типа.

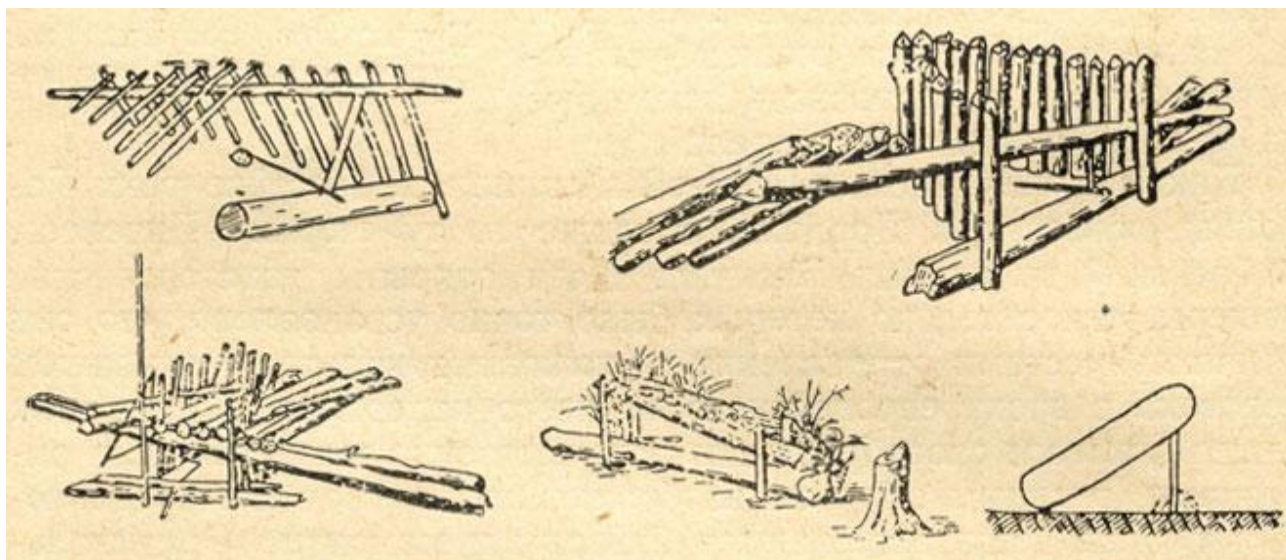


Рисунок 27 – Конструкции первобытных ловушек давящего типа [28]

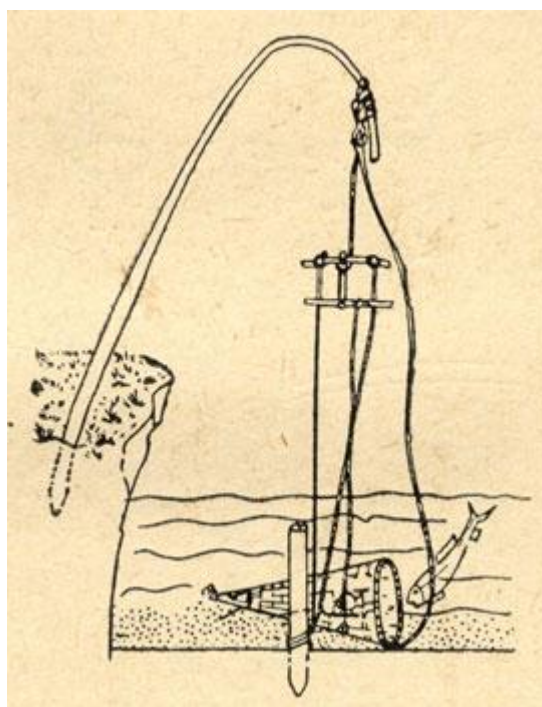


Рисунок 28 - Ловушка для рыб - вздергивающая ловушка с вершей [28]

«В доисторическом периоде применение автоматической техники носило эпизодический характер и служило чисто утилитарным, практическим целям. Применение самодействующих устройств ограничивалось использованием их для охоты и защиты от диких зверей и посторонних. При этом в качестве энергии, приводящей в действие автомат, использовалась сила натянутой веревки, сила упругости ветви или ствола дерева и/или сила тяжести груза (противове-

са), привязанного к чувствительному элементу.» [2] Заметим, что имелись все признаки автоматической системы: наличие датчика, исполнительного устройства и соответствующей обратной связи.

В Древнем Египте для защиты усыпальниц фараонов использовались системы хитроумных ловушек: самострелы, обрушивающиеся потолки, плиты-«перевертыши» и многие другие.

В древнегреческих театрах использовались специальные подъёмные механизмы — зоремы (от греч. *eoreme* — поднимаю), позволяющие имитировать движения участников представления. Для таких театров Архит Тарентский (VI—V вв. до н. э.) изготовил «летающего голубя», а Дмитрий Фалерский (III в. до н. э.) — «ползающую улитку».

Наиболее известны автоматы этого времени придуманы Героном Александрийским (I в. до н. э.). Автомат Герона для продажи «священной» воды явился в наше время прообразом автоматов для отпуска жидкостей. Автоматика иногда производит завораживающее воздействие, а иногда даже пугающее. В этом отношении поучителен автомат Герона. Верующий входил в храм, зажигал свечу и начинал молиться. Через некоторое время, двери в потайную комнату открывались, создавая у верующего полное впечатление, что их открыли его молитвы. Однако, на самом деле свеча нагревала сосуд с водой, которая расширяясь перетекала в ведро, а последнее висело на веревке, тянущей за ручку двери.

Завораживающим эффектом обладал театр марионеток Герона, где исполнялась пятиактная пьеса о возвращении троянских героев. В качестве источника энергии для своих изобретений Герон использовал в основном гидростатическую нагрузку, некоторые приводились в движение под действием перегретого пара.

Гению Архимеда (287 г. до н. э. — 212 г. до н. э.) из Сиракуз принадлежит изобретение полиспаста (система блоков для поднятия тяжелых грузов), крана и бесконечного, или архимедова, винта, используемого до сих пор в Египте для подъема воды.

С давних времен человек придумывал способы измерения времени. Первым достижением на этом пути были водяные часы клепсидры. На рисунке 29 изображена схема будильника Платона, который действовал следующим образом. Вода наполняла сосуд, постепенно с помощью поплавка поднимая поршень вверх на схеме. Через определенное время сжатый воздух открывал клапан и по трубке вырывался к флейте, извлекая из нее громкие звуки.

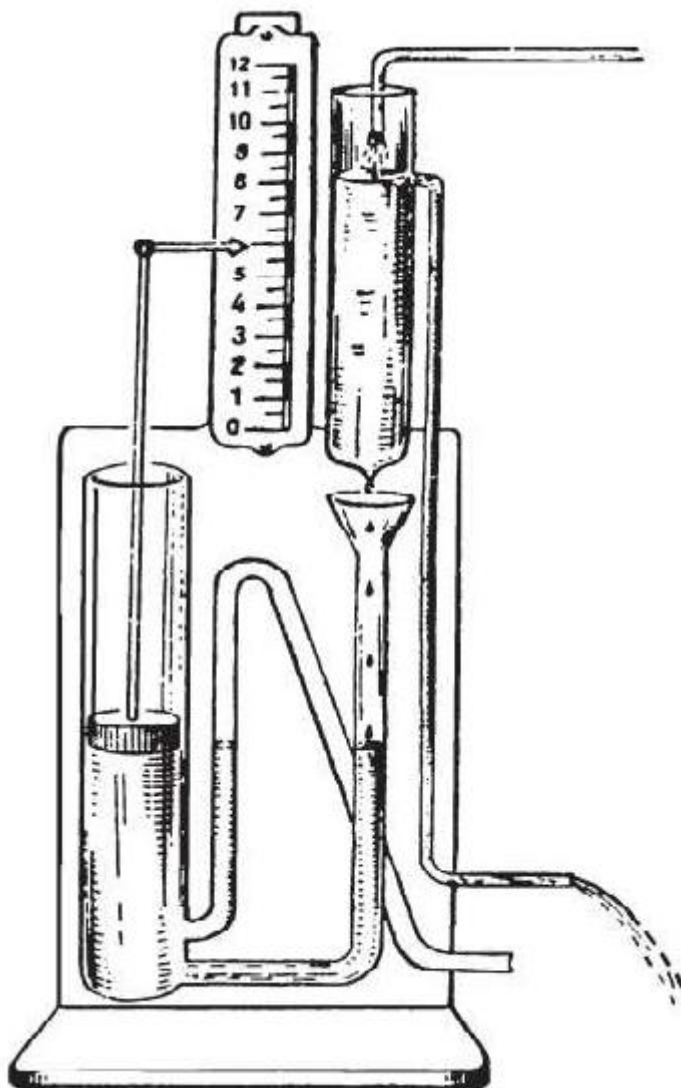


Рисунок 29 - Принцип устройства клепсидры.

«Существенно повлияло на развитие автоматики изобретение часов с пружинным приводом (П. Хенлейн в Германии, XVI в.) и особенно маятниковых часов (Х. Гюйгенс в Голландии, 1657 г.), в которых впервые использовались принципы и механизмы, получившие впоследствии широкое» «примене-

ние в автоматах.

Альберт Магнус (1193—1280), Великий, в XIII в. изобрел механического «человека-привратника», который открывал дверь и кланялся посетителям. Знаменитый немецкий ученый XV века Региомонтан (1436—1476) сконструировал летающую муху и орла, машущего крыльями и кивающего головой. Орёл, как было задумано, приветствовал императора Священной Римской империи Максимилиана I (1459—1519)».

«Леонардо да Винчи (1452—1519) для встречи гостившего в Милане короля Людовика XII изготовил льва, который шел по тронному залу и у подножия трона открывал лапами грудь, высыпая к ногам короля лилии. Известны описания «говорящей головы», созданной Роджером Бэконом (1214—1294), «укротительницы змей», построенной механиком» «Гастоном Дешаном.

В XVII—XVIII вв. в Европе были очень популярны весьма совершенные и дорогие механические игрушки: «писец» австрийского изобретателя Фридриха фон Кнауца (1724—1789), способный держать перо и писать 107 различных слов; утка и флейтист французского механика Жака Вокансона (1709—1789); парикмахер - Г. Грасфельдера, «говорящий человек» венгерского инженера Фаркаша Вольфганга фон Кемпелена (1734—1804). Утка Вокансона могла воспроизводить довольно большой комплекс различных движений. Она не только крикала и передвигалась, переваливаясь с боку на бок, но также плавала и плескалась в воде, двигала головой, расправляла крылья и приводила в порядок перья с помощью своего клюва. Кроме того, утка пила воду и клевала зерна, «переваривая» их с помощью химических веществ. «Флейтист» того же автора представлял собой фигуру в рост человека, которая подвижными пальцами исполняла заложенные в его программу 11 мелодий.

Истинными виртуозами своего дела были швейцарские часовщики Пьер-Жак Дро (1721—1790) и его сын Анри (1752—1791) из Шо-де-Фон. Ярким примером творчества Дро-старшего стали часы, представленные королю Испании Фердинанду VI (1713—1759): каждый час изящно исполненный пастушок подносил ко рту горн и трубил соответствующее времени количество раз. Со-

бака, лежавшая у его ног, лаем реагировала на прикосновение к фруктам. Стоило убрать руку, как лай прекращался.

Весной 1770 г. Пьер-Жак Дро создал первого механического человека — куклу (рисунок 30). Она сидела на скамейке перед столиком и писала гусиным пером, обмакивая его в стоявшую рядом чернильницу. Причем не просто слова, а целые фразы и даже предложения красивым каллиграфическим почерком.»



Рисунок 30 - "Писец" — автомат в виде пяти-шестилетнего ребенка

Приводной механизм выполнен настолько компактным, что его удалось разместить «внутри механического писца, отчего он выглядел еще изящнее. Когда механический человек писал, он двигал головой, из-за чего казалось, что он следит за тем, что пишет. Окончив писать, он посыпал лист бумаги песком для высушивания чернил, а потом стряхивал его.

Следующим творением семейства Дро стала Пианистка. Кукла намного

превосходила по сложности конструкции предыдущих механоидов. Она играла на фисгармонии, ловко нажимая пальцами на клавиши, при этом Пианистка натурально заглядывала в ноты и даже сдувала с них соринки. Кроме того, она поворачивала голову и глаза, как бы следя за положением рук, у нее, как при дыхании, мерно вздымалась грудь.

Движения всех трех механических кукол были очень естественны.»

К концу XX в. автоматизация за счет появления компьютеров проникает во все сферы человеческой жизни. Появляются автоматизированные системы менеджмента (автоматизированные системы управления предприятием, АСУП) и ее составная часть - система документооборота (САД) [30]. Это позволяет упростить ведение бухгалтерского учета, облегчает планирование производства, позволяет оптимизировать предпринимательскую деятельность для получения большей прибыли и избавиться от издержек, связанных с содержанием излишнего управленческого аппарата.

Многokратно увеличившийся объем товарооборота и номенклатура товаров предъявляют новые требования к ведению складского хозяйства. Это приводит к созданию систем автоматического управления складом (САУС; англ. Warehouse Management System, WMS). Причем здесь речь идет не только о процессе приема и регистрации товаров, но и о размещении товаров на складе при помощи автоматических погрузчиков.

Автоматика прочно завоевала свои позиции и в быту. Имеется множество автоматических бытовых приборов, облегчающих уборку помещений, стирку белья, приготовление пищи, мытье грязной посуды и т. п. Развитие техники в этом направлении приводит к появлению устройств, которые выполняют необходимые работы по дому самостоятельно, например пылесосы-роботы фирмы iRobot автоматически убирают помещения, предварительно построив внутреннюю карту.

Массовое внедрение Интернет-технологий позволяет объединить воедино не только персональные компьютеры, но и бытовую технику, имеющую сетевые модули ввода/вывода с поддержкой стека протоколов TCP/IP. Так, напри-

мер, холодильник «Screenfridge» фирмы Electrolux может самостоятельно делать заказы необходимых продуктов питания посредством сети Интернет.

В XXI веке в машиностроении всё больше производств становятся роботизированными. Полная роботизация машиностроительных производств приводит к концепции «безлюдного производства», которое в идеале должно представлять собой полностью автоматическое производство без участия человека, где прием сырья, технологические операции, контроль производства и отгрузка готовой продукции (а также доставка потребителю) будет производиться полностью автоматически роботами.

Если вернуться к этимологии слова робот (от чешск. *robota* — подневольный труд) можно вспомнить, что этот термин был изобретен чешским писателем Карелом Чапком и его братом Йозефом и впервые использован в пьесе «R. U. R.» («Россумские универсальные роботы», 1921). В данном произведении под роботом подразумевалась машина с антропоморфным строением и поведением — «механический человек».

Идея создания «искусственного человека» довольно древняя. В качестве примера можно привести древнееврейского Голема (глиняный человек, оживленный при помощи каббалы) или гомункулуса (от лат. *homunculus* — человек) — искусственный человек в алхимической традиции. Но только при современном уровне развитии информационных технологий эта концепция стала близкой к реализации. В обиход вводится понятие «искусственного интеллекта» (ИИ) — свойство автоматических и автоматизированных систем брать на себя отдельные функции человеческого интеллекта, то есть выбирать и принимать оптимальные решения на основе ранее полученного опыта и рационального анализа внешних условий (воздействий).

С этой точки зрения нужно по-новому понимать термин «андроид». В современном понимании это не просто внешнее сходство автоматической системы с человеком, но и сходство его взаимодействия с человеком и окружающей средой.

На данный момент успешно ведутся работы по приданию роботам чело-

веческой походки. Для этого в рамках биомеханики была проанализирована локомоция (от лат. *locus* — место и *motio* — движение) человека и разработаны математические модели ходьбы. Это нашло свое отражение в проекте ASIMO (сокр. от англ. *Advanced Step in Innovative Mobility*) фирмы Honda.

«В научной фантастике так же были сформулированы так называемые Три закона робототехники (Айзек Азимов, *Хоровод*, 1942):

1. Робот не может причинить вреда человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинён вред.

2. Робот должен выполнять приказы человека в той мере, в которой это не противоречит Первому Закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит Первому и Второму Законам.

Это обязательные для всех роботов правила поведения. Данные правила затрагивают основополагающие проблемы взаимоотношения человека, как создателя и робота, как созданного им объекта. Причем правительства некоторых стран всерьез озаботились этой проблемой, например, правительство Южной Кореи разрабатывает *Устав этических норм для роботов.*»

Имеется тенденция создания киборгов (англ. *cyborg*, сокр. от англ. *cybernetic organism* — кибернетический организм) — биологических организмов, содержащий механические компоненты, биолого-механических симбиотических организмов. Такое слияние на данном этапе развития техники заключается в замене ампутированных конечностей на кибернетические аналоги. Имеются разработки в области возвращения потерянного зрения и слуха при помощи интеллектуальных имплантатов, которые посылают сигналы непосредственно в мозг пациента.

Таким образом, из этого исторического экскурса можно сделать вывод, что совершенствование мировой техники идет в трех направлениях:

1) Создание машин двигателей (водяные, ветряные, паровые, дизельные и электрические), которые освобождают человека от тяжелого физического труда;

2) Создание машин-орудий, т.е. станков и технологического оборудования различного назначения;

3) Создание машин для контроля и управления производственными процессами.

Настоящее исследование посвящено анализу второго и третьего из этих направлений.

2.2 Синтез системы управления

Система управления играет ключевую роль в автоматизации. Именно она заменяет человека в операциях управления, и именно она должна обеспечивать должное быстродействие, точность, запас устойчивости системы, другими словами, эффективность процесса автоматизации. Для этого ей необходима достоверная информация, которую должны обеспечивать многочисленные датчики, ее управленческие решения должны реализовывать соответствующие исполнительные устройства. Общая структурная схема процесса управления приведена на рисунке

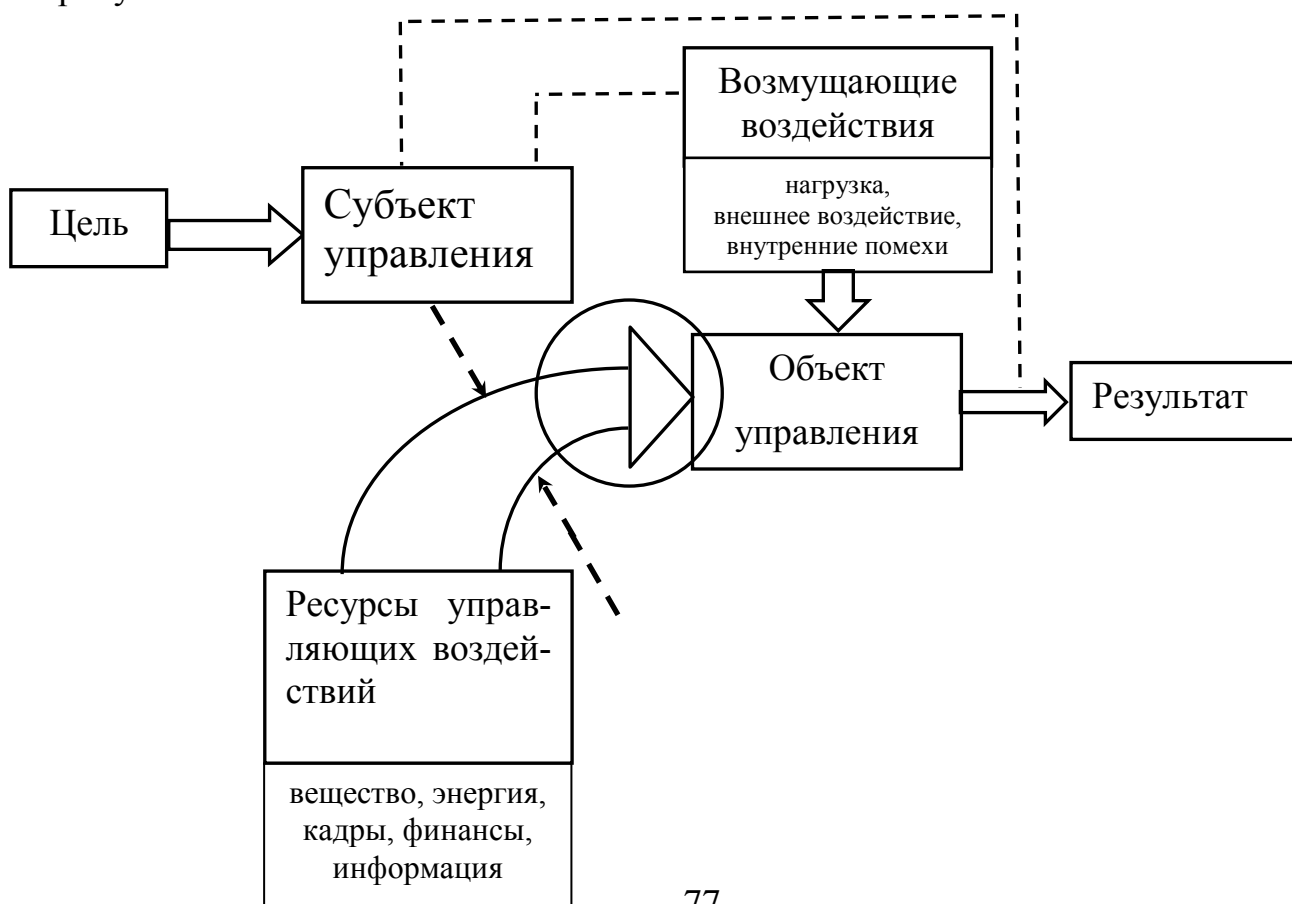


Рисунок 31 – Схема процесса управления

Управление начинается с цели (бесцельным оно просто не бывает). Под целью понимают идеальный мысленный, конечный, желаемый результат. Аспект идеальности говорит о том, что реально можно цели и не достигнуть, а, значит, необходимо определяться со степенью ее достижения. Мысленный означает, что цель находится в мыслях человека, субъекта управления и только он может оценить степень достижения цели. Это, с одной стороны, означает, что не может быть полностью автоматической системы, потому что последняя операция сравнения все равно останется за субъектом управления. С другой стороны, цели не может быть в голове животного, разве что гуманоида. Конечность достижения цели означает, что иногда, особенно при управлении людьми, только в конце управления становится ясно, кто субъект, а кто объект управления. Последнее свойство цели очевидно.

После постановки цели субъект управления ищет средства ее достижения. Самое главное из средств достижения цели является объектом управления. Природа объекта управления задает средства воздействия на него: вещество, энергия, информация, финансы и др. Получается цепочечная зависимость: объект неявно содержится в цели, а природа объекта определяет средства воздействия на него. Непосредственное воздействие, а, стало быть и управление, происходит в зоне обведенной на рисунке 31 окружностью. Именно здесь должен выполняться алгоритм подачи управляющих воздействий в отношении координации, синхронизации и дозирования.

Управление могло быть довольно простым процессом, если бы не вмешивались возмущающие воздействия. Единственное, что мы можем, это контролировать их (измерять и следить). На схеме пунктирными линиями показаны соответствующие информационные связи: обратная связь (верхняя) и контроль возмущений.

Точность функционирования этой схемы в первую очередь зависит от

точности измерений выходной величины и величин возмущающих воздействий. Поэтому, если необходимо повысить точность схемы необходимо менять измерительные датчики на более точные.

Быстродействие схемы в первую очередь обусловлено скоростью и величиной подачи управляющих воздействий, поэтому если встает вопрос о повышении быстродействия системы, необходимо применять исполнительное устройство, обеспечивающее управляющие воздействия большей величины на единицу сигнала управления им.

Наконец, необходимо заметить, что главным возмущающим воздействием в системе является полезная нагрузка на нее, то есть степень выполнения той задачи, ради которой и создается система.

2.2.1 Основы теории управления

Систему управления можно представить на самом высоком уровне абстракции в виде отношений на множествах внутренних состояний объекта управления S , выходных значений Y , значений управляющих воздействий U и значений возмущающих F воздействий, как показано на рисунке 32:

$$S \subseteq U * F * Y \quad (2.1)$$

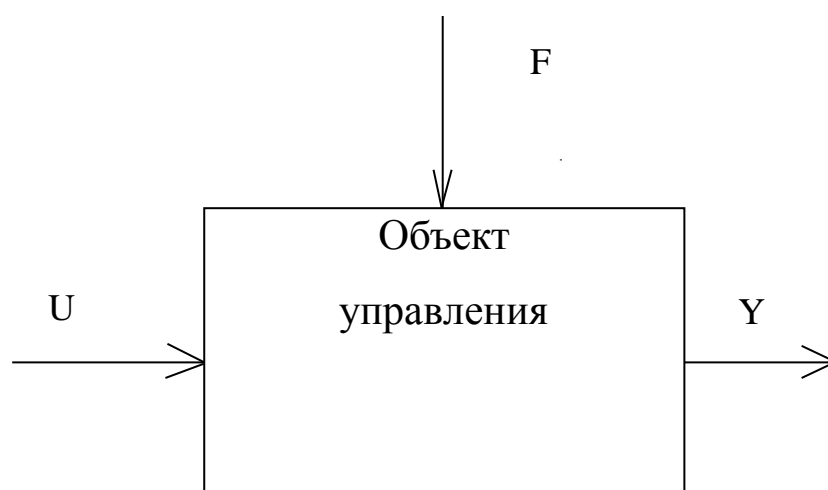


Рисунок 32 - Взаимосвязь множеств

Если множество S пусто, то цель управления недостижима (этап технологизации не пройден), и необходимо искать другое множество управляющих воздействий U . Если S непусто, то существует отображение f (оператор), переводящее совокупность элементов из множеств Y , F и U , решающее технологическую задачу.

$$f: U * F \rightarrow Y \quad (2.2)$$

В формальной постановке задача управления состоит в нахождении обратного отображения f^{-1} множеств желаемых состояний («выходов») объекта управления Y и возмущающих воздействий F на множество управляющих воздействий

$$U: f^{-1}: Y_g * F \rightarrow U \quad (2.3)$$

Индекс g означает целевое множество значений. Формулировка основной технической задачи управления, требует при проектировании систем автоматизации рассмотреть вопрос о свойствах множеств Y , F , U и свойствах самого отображения f . Свойства множеств, участвующих в синтезе системы автоматизации, а также свойства отображения, а точнее – оператора, с помощью которого оно осуществляется, составляют ортогональную систему координат, выделяющую на плоскости различные классы систем. Первым фундаментальным различием, по которому можно выделять классы систем автоматизации, является применяемые шкалы для переменных Y, F, U : номинальные, частично и линейно упорядоченные или, наконец, метрические, позволяющие применять математику в полную силу. К этим свойствам необходимо добавить непрерывность/дискретность, детерминированность/вероятность.

«На основании указанных признаков можно построить классификацию систем автоматизации на плоскости по свойствам множеств и свойствам отображения. Такая классификация отражает усложнение систем и соответственно средств автоматизации в направлении по главной диагонали.» Если вверху слева находятся системы, которые могут быть полностью автоматическими, то справа внизу – интеллектуальные системы, существенно предполагающие наличие человека и технических средств интеллектуальной поддержки. Свой-

ства множеств (для упрощения) представлены укрупненно.

Автоматизация наиболее выгодна в случае, если она применяется в массовом производстве, то есть большие объемы производимой и затем реализуемой продукции быстро окупают вложения в автоматизацию. И поскольку автоматизация процесс зачастую очень не дешевый, он требует обоснования целесообразности его проведения еще до начала реализации. Целесообразность автоматизации имеет три классических обоснования: экономическое, социальное и на обоснование за счет придания человеку новых качеств, не свойственных ему по природе, либо усиления имеющихся. Инструментом при экономическом обосновании является повышение производительности труда, улучшение качества производимой продукции, снижение себестоимости и тому подобное. Социальный эффект от автоматизации напрямую трудно оценить в деньгах. В качестве позитивного результата автоматизации здесь выступает устранение вредных и опасных для человека условий производства. В третьем случае автоматизация будет целесообразна, если только она «усиливает возможности человека: мускульные (скелетон), зрительные, чувствительные, интеллектуальные, или обеспечивает новые иногда не свойственные по природе качества: летать, видеть в инфракрасном диапазоне, исследовать другие планеты без непосредственного участия человека. Не исключен, конечно, и вариант комбинированного обоснования целесообразности по коэффициенту удельного эффекта. Непосредственное осуществление автоматизации и достижение всех ее потенциальных показателей осуществляется с помощью обоснованного выбора средств технического оснащения. Именно при решении этой задачи обеспечиваются основные показатели системы автоматизации: точность, быстродействие, производительность, малогабаритность, минимальное энергопотребление и так далее. При синтезе системы автоматизации и обосновании целесообразности и выбор технических средств необходимо проводить с учетом надежности.»

На сегодняшний день проектировщики технических систем за человеком стараются оставить решение творческих задач, «которые зачастую имеют эмо-

циональную окраску – например, дизайн автомобиля. Даже если удастся создать искусственный интеллект, «научить» технику эмоциям, она превратится в свою противоположность, а человек станет ее придатком. Наверное, можно научить машину любить и ненавидеть, однако, чтобы избежать создания конкуренции человечеству необходимо соблюдать три закона робототехники, сформулированные Айзеком Азимовым. Это означает, что у автоматизации есть некоторый предел, дальше которого ее развитие ограничивается. Абдеев доказывает, что спираль развития любых процессов, в том числе и автоматизации – сходящаяся [32]. Таким образом, автоматизация – двухэтапный процесс (технологизация и непосредственная автоматизация) технического оснащения производственного процесса, характеризующийся решением системной и математической задач, а также задач обоснования целесообразности и выбора средств автоматизации. Для управления производством автоматизация охватывает верхние уровни иерархии применением систем»: SCADA, MES, MRP и ERP.

Классификация систем управления

Классификацию систем управления кроме упомянутых выше признаков можно провести по природе объекта управления.

Механические системы управления характеризуются тем, что все величины, в схеме на рисунке 31 механические. Цель управления в таких системах чаще всего конечные координаты объекта или достигаемая им скорость, управляющие воздействия – приложенные к объекту силы или пары сил с управляемым моментом, возмущение так же силовое, например сопротивление среды.

Электрические системы соответственно характеризуются электрическими величинами. Цель обычно потенциалы в заданных точках или токи в проводниках, управляющие воздействия – изменяемые сопротивления (реостаты, потенциометры), емкости (конденсаторы с переменной емкостью), индуктивности (вариометры), возмущения так же электрические наводки, шумы, но могут быть и косвенные, например, обусловленные механическими вибрациями.

Тепловые системы характеризуются потоками тепловой энергии. Целью

обычно является температура в заданной точке или распределение температур по объему тела, среды. Управляющими воздействиями являются тепловые потоки от одного источника, либо от внутренних часто распределенных источников тепла (например, токов Фуко).

Химические системы управления основаны на протекающих в реакторах химических реакциях, поэтому целевыми переменными здесь являются выход продукта реакции, например, пластика в единицах массы. Управляющими воздействиями будут количество и качество катализатора, температура реагирующей среды, давление, концентрация реагирующих веществ. Возмущениями будут посторонние примеси, нестабильность технологических режимов.

Биологические системы управления более сложные, чем все предыдущие, так как имеют дело с живыми организмами и хотя цели здесь тоже могут ставиться по выходу живого продукта: количество тушек кур, голов скота, величина урожая зелени, овощей, фруктов, грибов и тому подобное, все же результат получается с большим риском из-за болезней, из-за влияния внешних условий, например, на аппетит и так далее. Управляющие воздействия связаны с созданием благоприятных для существования живых организмов условий: освещения, давления, влажности температуры, концентрации питательных веществ (при выращивании растений без почвы), дозировки лекарств и тому подобное. Возмущения здесь так же специфические, например, заболевания, нарушения технологических режимов и так далее.

Экономические системы управления имеют особенностью повышенный риск стабильного существования и развития. Целью управления являются экономические показатели: прибыль, рентабельность, доходность. Управляющими воздействиями являются финансовые, кадровые, материальные и информационные ресурсы. Соответственно в качестве возмущений выступают рыночные колебания цен на продукцию, сырье, энергию, валюту, рабочую силу и так далее. В таких системах должна быть сильная маркетинговая составляющая, которая должна помогать осуществлять быструю реакцию на изменения и коррекцию планов.

Социальные системы управления самые сложные, так как связаны с людьми, реакция которых на внешние воздействия часто не предсказуема. Кроме того люди сами являются активными системами со своими целями и могут разрушить внутреннюю организацию социальной системы. Цели организации социальной системы могут носить политический, религиозный, экономический, производственный, гуманитарный характер и тому подобное. Управляющие воздействия могут быть организационными, финансовыми, психологическими. Возмущений так же множество, куда входят все факторы, влияющие на люде, на их поведение, состояние, веру и тому подобное

Другая классификация более относится к управленческой, поскольку в качестве признака выбран основной алгоритм управления.

Системы стабилизации – это системы удерживающие управляемую величину на заданном постоянном уровне. Обычно они работают по отклонению. Если управляемая величина отклоняется в одну сторону ее поощряют для возврата, в другую сторону – наказывают. Такой вид управления называют регулированием, он фундаментальный поэтому используется везде и часто. Даже обществом можно управлять установив нормы и следить только за их уровнем, поощряя или наказывая (иногда такую управленческую политику называют политикой кнута и пряника).

Программные системы – это системы, выполняющие заданную программу. При этом программа может задаваться во *времени* или в *пространстве*. Примером исполнения программы во времени является шарманка - музыкальное устройство, представляющее вращающийся барабан с торчащими из него штифтами. Штифты расположены в определенном порядке в соответствии с воспроизводимой музыкой. При равномерном вращении барабана штифты задевают лады, издающие необходимые звуки. Примером задания программы в пространстве является копировальный станок. В нем имеется копир, по которому скользит щуп, движение этого щупа передается резцу и последний вырезает деталь в соответствии с установленным копиром (так иногда изготавливают потерянные ключи). Современным примером является 3-D принтер, только

в этом случае пространственная программа перемещений головки принтера формируется компьютером.

Следящие системы. Алгоритм их функционирования зависит от цели, только в данном случае это не цель управления, а реальная цель, за которой должна следить система. Например, самонаводящаяся ракета должна постоянно отслеживать цель и повторять все ее маневры уклонения. Правда, подлетая близко к цели, ракета «слепнет» - цель закрывает ей весь горизонт обзора, поэтому реально ракета взрывается, не долетая до цели определенного расстояния. При этом алгоритм преследования цели может быть разным. Например, самая простая «собачья погоня», то есть как собака постоянно бегущая строго на цель. При этом на оборудование ракеты оказываются большие перегрузки, если лететь на цель перпендикулярно траектории ее движения. Хитрее действует лиса, которая бежит с опережением, то есть на то место, где цель будет через некоторое время – это «лисья погоня». В случае же когда цель активна и совершает уклоняющиеся маневры лучше подходит «рысья погоня» - с рыскающими движениями, чтобы «сбить с толку» цель и не дать ей понять, куда движется преследователь. Казалось бы все это годится только для военных целей, однако все эти виды преследования легко алгоритмируются для коммерческой фирмы, использующей метод управления «за лидером».

Экстремальные системы – это системы, переводящие управляемую величину (реальную физическую величину) в экстремальное значение (максимум или минимум). Например, поддержание максимальной температуры в сосуде или минимального давления в нем. Такие системы бывают поисковыми и беспоисковыми. В первом случае система постоянно делает маленькие шаги по управляющему воздействию и проверяет управляемую величину. Если система максимизирующая и управляемая величина возросла, система делает следующий шаг в том же направлении, в противном случае направление изменения управляющих воздействий меняется на противоположное. Реально такая система постоянно совершает небольшие колебания в районе экстремума. Беспоисковая система находит экстремум аналитически, например, с помощью диффе-

ренцирования управляемой величины и приравнивая полученной производной к нулю. Затем система переводится в найденную точку.

Оптимальные системы – для управленца это верх совершенства. Оптимальная система предназначена для удержания специального функционала в точке экстремума. В отличие от экстремальной систем, управляющей реальной величиной, функционал абстрактная величина и здесь подходит теория, описанная в параграфе – управление абстрактным объектом. Функционал есть функция от функции и обычно это интеграл. Такой способ позволяет например управлять предприятием с минимумом себестоимости, так как себестоимость и есть интегральная величина, или с максимумом прибыли, поскольку прибыль складывается (алгебраически) и из себестоимости тоже. Для решения задач оптимального управления существует три классических метода: метод Эйлера-Лагранжа, принцип максимума Потрягина и принцип динамического программирования Беллмана. Однако, чтобы управлять на таком высоком уровне необходимо знать математическое описание объекта управления, что не всегда возможно. В противном случае рассматривают вариант адаптивной системы.

Адаптивные системы - это системы, приспосабливающиеся в ходе управления к внешней среде (адаптация – термин биологический, свойственный живым организмам, понимается как приспособление). Существует три подкласса адаптивных систем. Если приспособление осуществляется за счет изменения какого-либо параметра, то адаптация называется параметрической, если приспособление осуществляется за счет изменения структуры системы (добавление или исключение блоков, их трансформация), то адаптация называется самоорганизующейся. Наконец, если при адаптации добавляется память и используется прошлый опыт, система называется самообучающейся.

Принципы управления

Принцип разомкнутого управления – результат управления никак не контролируется. Его можно назвать принципом петуха: прокукарекал, а там хоть не рассветай. Результата управления может вообще не быть или он лишь частичный. Тем не менее, этот принцип хорош в детерминированной обстановке.

Его достоинства: дешевизна, простота. Недостаток, конечно в низкой точности. Схема управления с использованием этого принципа изображена на рисунке 33.

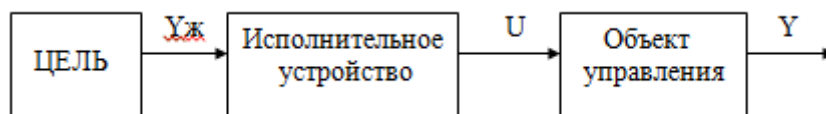


Рисунок 33 – Структурная схема разомкнутого управления

Здесь $Y_{ж}$ – сигнал, описывающий желаемое поведение объекта управления. Остальные величины введены ранее.

Принцип управления по обратной связи – управление осуществляется по отклонению (обычно желаемый сигнал и сигнал обратной связи вычитаются друг из друга), если отклонение управляемой величины происходит в одну сторону, мы положительным подкреплением пытаемся вернуть ее назад, если отклонение происходит в другую сторону, подаем отрицательное подкрепление. Этот принцип имеет философское значение. Человек, что то сделал, по обратной связи убедился, что это не совсем то, что он хотел, он корректирует свои действия. Если добавить в этот процесс память, то всем прогрессом технологий и даже цивилизации мы обязаны обратным связям. Таким образом, достоинством этого принципа является более высокая точность по сравнению с предыдущим принципом, недостатком дороговизна из-за потребности в датчиках, повышенная сложность, которая может привести к ненадежности системы. Структурная схема, осуществляющая описанный принцип изображена на рисунке 34



Рисунок 34 – Структурная схема управления с обратной связью

У этого принципа есть более тонкий недостаток, что связано с возмуща-

ющими воздействиями. Дело в том, чтобы начала срабатывать обратная связь, необходимо, чтобы возмущающие воздействия оказали заметное изменение выходной величины, то есть возмущающие воздействия должны повлиять на объект управления, иногда это может быть крайне нежелательно.

Принцип управления по возмущению – при осуществлении этого принципа, контролируется возмущающее воздействие и в зависимости от его величины изменяются подаваемые управляющие воздействия. Структурная схема, реализующая этот принцип изображена на рисунке 35.

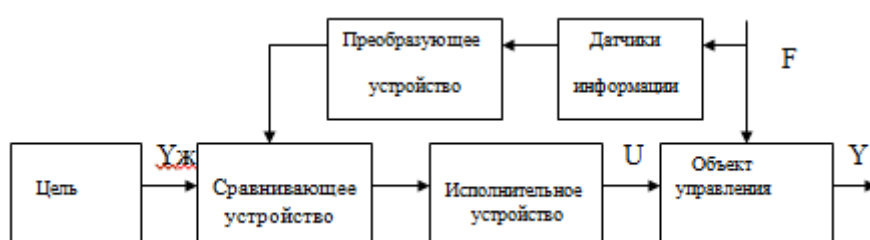


Рисунок 35 – Структурная схема управления по возмущению

Этот принцип так же имеет философское значение: в нем заложено опережающее управление, а это по сути единственный способ избежать нежелательного развития событий. Если, например, в человека бросили копье и он начнет управлять телом с момента, когда оно коснется тела, то оно погибнет. Здесь нужно опережающее управление. Вообще то, им обладают даже животные. Например, замахнитесь на собаку палкой. Она может среагировать по-разному: может убежать, поджав хвост, а может броситься на вас или на палку. Однако, человек отличается от животного мира самой большой степенью опережения. Например, животные вообще не понимают, что такое озоновые дыры или глобальное потепление, а человек уже задумывается о последствиях.

По величине и точности опережения можно даже сравнивать эффективность управления и управленцев. Если судить по человеку, то все системы организма: дыхание, кровообращение, теплоснабжение, безусловные рефлексы реализуются частями мозга лишь до мозжечка. Весь остальной мозг, по сути,

предназначен для опережения действительности.

Есть еще один аспект в опережении: прогнозирование и построение планов и стратегий. Спрашивается: зачем строить серьезные стратегии, создавать сложные планы, затрачивая на это немалые средства. Можно ведь управлять по ситуации, однако на это необходимы очень большие ресурсы, идущие на точные измерения и быстрый адекватный ответ, но иногда даже быстрый ответ опоздает, как мы видели выше, если нет опережения. Вместе с тем, если есть план управления, можно воспользоваться предыдущим принципом – по отклонению это гораздо проще и дешевле.

Таким образом, достоинством принципа является повышенная точность реагирования на возмущающие воздействия, недостаток в усложнении схемы, повышении ее цены. Кроме того, выходной сигнал опять не контролируется и потому может плавать.

Комбинированный принцип управления – применяется два принципа сразу и по обратной связи и по возмущению. Понятно, что этот принцип самый точный, но и самый дорогой и самый сложный, что, естественно, может привести к неустойчивой работе схемы, изображенной на рисунке 36



Рисунок 36 – Структурная схема комбинированного управления

2.2.2 Показатели качества управления

Классические показатели качества управления позволяют сравнивать системы управления и выбирать лучшие альтернативы. К ним относятся: точность, быстродействие, запас устойчивости и чувствительность. Они могут

служить путеводителями при синтезе системы управления.

Точность

Под ней понимается свойство системы выводить и удерживать выходную, управляемую величину на заданном уровне. Особенно трудно поддерживать точность системы в динамике. Схема оценки общей ошибки системы управления изображена на рисунке 37.

Точность зависит в первую очередь от точности выбранного датчика.

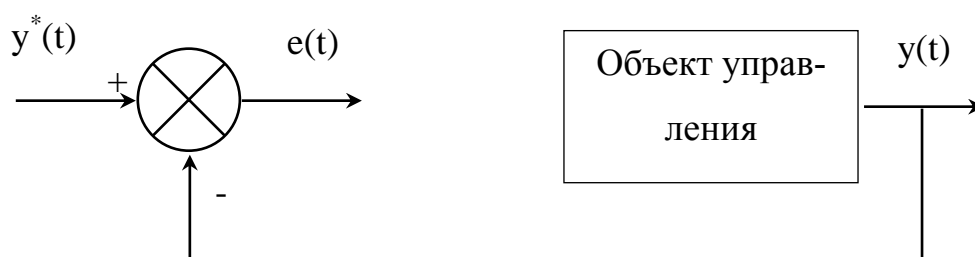


Рисунок 37 – Схема оценки общей ошибки системы управления

Одним из методов автоматического управления, позволяющих получить высокую точность, являются методы теории инвариантности [33]. Система управления является инвариантной по отношению к возмущающему воздействию, если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, управляемая величина и ошибка системы не зависят от этого воздействия. Система является инвариантной по отношению к задающему воздействию, если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, ошибка системы не зависит от этого воздействия.

Идею инвариантности впервые высказал в 1939 сов. ученый Г. В. Щипанов. Затем в работах сов. математика Н. Н. Лузина были получены необходимые и достаточные условия инвариантности в самом общем виде (условия инвариантности Щипанова — Лузина).

Основным методом, используемым при построении инвариантных систем, является применение так называемого комбинированного управления, под которым понимается такой метод построения замкнутых автоматических

систем, когда, наряду с управлением по отклонению или ошибке, используется управление по задающему или возмущающему воздействию. Таким образом, в системе комбинированного управления осуществляется управление по замкнутому и разомкнутому циклам.

Структурная схема такой системы изображена на рисунке 38а. Управляемая величина y связана с задающим воздействием через передаточную функцию замкнутой системы:

$$y = \Phi(p)g = \frac{W(p)}{1+W(p)}g, \quad (2.4)$$

где $W(p)$ - передаточная функция разомкнутой системы.

При введении управления по задающему воздействию управляемая величина определяется выражением

$$y = \frac{W(p)}{1+W(p)} [1 + \varphi(p)]g = \Phi_{\varphi}(p)g. \quad (2.5)$$

Эквивалентная передаточная функция замкнутой системы с учетом управления по задающему воздействию (см. рисунок 38б)

$$\Phi_{\varphi}(p) = \frac{W(p)[1+\varphi(p)]}{1+W(p)}. \quad (2.6)$$

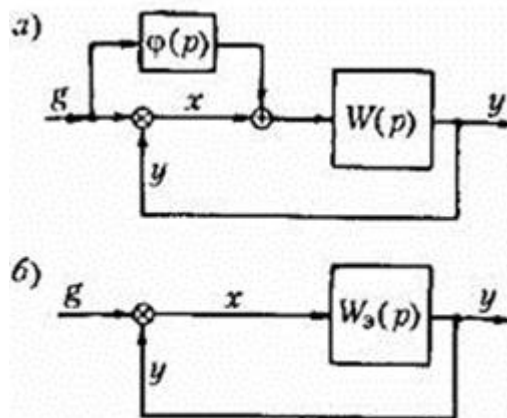


Рисунок 38 – Структурные схемы

Из последнего выражения видно, в частности, что введение управления по задающему воздействию не меняет характеристического уравнения системы, работающей по отклонению, так как знаменатель передаточной функции замкнутой системы одинаков со знаменателем в предыдущем выражении.

Это означает, что не будут нарушаться не только условия устойчивости, но сохранятся оценки качества переходного процесса, базирующиеся на использовании корней характеристического уравнения.

Из последнего выражения по известным соотношениям может быть найдена эквивалентная (с учетом управления по задающему воздействию) передаточная функция по ошибке

$$\Phi_{xэ}(p) = 1 - \Phi_э(p) = \frac{1 - \varphi(p)W(p)}{1 + W(p)} \quad (2.7)$$

и передаточная функция разомкнутой системы

$$W_э(p) = \frac{\Phi_э(p)}{1 - \Phi_э(p)} = \frac{W(p)[1 + \varphi(p)]}{1 - \varphi(p)W(p)}. \quad (2.8)$$

$W_э(p)$ позволяет заменить структурную схему системы комбинированного управления эквивалентной ей обычной схемой системы, работающей по отклонению (рисунок 33б). Полагая $\Phi_{xэ}(p) = 0$, получаем

$$\varphi(p) = \frac{1}{W(p)} \quad (2.9)$$

Разложив последнее выражение в ряд по возрастающим степеням оператора p , получим необходимый вид функции, определяющей вводимый сигнал от управляющего воздействия:

$$\varphi(p) = \alpha_0 + \tau_1 p + \tau_2^2 p^2 + \tau_3^3 p^3 + \dots \quad (2.10)$$

$\alpha_0 \neq 0$ - безразмерное число.

Быстродействие

Это свойство системы показывает - насколько динамична система, как быстро она перестраивается и приводит объект управления к заданному уровню выходной величины.

Быстродействие в первую очередь, если объект управления менять нельзя, обеспечивается исполнительным устройством. Насколько быстро и в каком количестве оно подает управляющие воздействия на объект управления, настолько быстродействующим будет система управления. Можно ввести коэффициент, отражающий величину управляющих воздействий, подаваемых на

единицу сигнала, приходящего на исполнительное устройство как на пропорциональное звено:

$$k = \frac{u}{x}. \quad (2.11)$$

Чем выше это соотношение, тем быстродействие системы управления выше. Если исполнительное устройство имеет сильную нелинейность, то этот коэффициент можно разбивать на диапазоны приближительной линейности и принимать решения по каждому из участков.

Запас устойчивости

Некоторыми объектами вообще нельзя управлять, пока они не стабилизированы. Например, ракета – по сути - длинный стержень, опирающийся снизу на газовую струю. Без системы управления, регулярно изменяющей направление вытекания продуктов сгорания с помощью газовых рулей, невозможен полет ракеты. Поэтому ракету необходимо сначала стабилизировать для чего используются гироскопы, которые следят за ее положением и координатами в пространстве по пяти координатам как у любого твердого тела, после чего шестая координата обуславливает ее траекторию.

При анализе устойчивости важны два понятия: граница устойчивости и малые перемещения системы.

Аппарат оценки на основе малых перемещений и корректировки устойчивости систем управления достаточно развит. Можно добиваться хорошего запаса устойчивости, например методом корректирующих звеньев. Казалось бы, можно было увести систему достаточно далеко от границы устойчивости, но существует не сформулированный закон природы: любая система наиболее эффективна именно на границе устойчивости. У технических систем возрастает быстродействие. Экономическая система наиболее эффективна, когда она работает на границе законодательства. Доказано, например, что талантливые и гениальные люди, то есть те, у которых мозг находится практически на границе устойчивости, в сто раз чаще подвержены психическим заболеваниям по сравнению с обычными людьми.

Поэтому задачу стабилизации надо ставить и решать как задачу оптимального управления: подвести систему как можно ближе к границе устойчивости, но не увеличивая при этом значительно риск выхода системы за эту границу.

Чувствительность

Чувствительность, несмотря на нежное название, свойство вредное, поскольку она обозначает уход управляемых величин с заданных уровней из-за неконтролируемого изменения внутренних параметров системы управления.

В качестве оценки чувствительности используются так называемые функции чувствительности, представляющие собой частные производные координаты системы по вариации параметра:

$$u_{ij} = \left(\frac{\partial x_i}{\partial \alpha_j} \right)^0 \quad (2.12)$$

или частные производные от используемого критерия качества I по параметру:

$$U_j = \left(\frac{\partial I}{\partial \alpha_j} \right)^0 \quad (2.13)$$

Нулевым индексом сверху отмечен тот факт, что частные производные должны приниматься равными значениям, соответствующим номинальным (расчетным) параметрам.

Пусть исходная система описывается совокупностью нелинейных уравнений первого порядка:

$$\frac{dx_i}{dt} = F_i(x_1, \dots, x_n, \alpha_1, \dots, \alpha_m) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.14)$$

Дифференцирование этих уравнений по α_j приводит к уравнениям чувствительности

$$\frac{\partial}{\partial \alpha_j} \left(\frac{dx_i}{dt} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial x_i}{\partial \alpha_j} \right) = \frac{du_{ij}}{dt} = \sum_{k=1}^n \frac{\partial F_i}{\partial x_k} u_{kj} + \frac{\partial F_i}{\partial \alpha_j} \quad (2.15)$$

$$(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m).$$

Решение этих уравнений позволяет определить функции чувствительности. Однако эти уравнения на практике оказываются сложными и решение их

затруднительно.

Более целесообразен путь структурного построения модели, используемой для нахождения функций чувствительности j -го параметра.

В некоторых случаях функции чувствительности получаются дифференцированием известной функции времени на выходе системы. Так, если передаточная функция системы соответствует апериодическому звену второго порядка, то

$$y(t) = \frac{1}{(1+T_3 p)(1+T_4 p)} \cdot g(t). \quad (2.16)$$

Если $g(t) = g_0 \bar{1}(t)$, то на выходе будет

$$y(t) = g_0 \left(1 - \frac{T_3}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{T_4}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_4}} \right) \cdot \bar{1}(t) \quad (2.17)$$

Дифференцирование по T_3 даст функцию чувствительности по этому параметру

$$u(t) = \frac{\partial y(t)}{\partial T_3} = \frac{[(T_3 - T_4)t - T_3 T_4] e^{-\frac{t}{T_3}} - T_3 T_4 e^{-\frac{t}{T_4}}}{T_3 (T_3 - T_4)^2} \cdot g_0 \cdot \bar{1}(t). \quad (2.18)$$

Дополнительное движение при этом будет $\Delta y(t) = u(t) \Delta T_3$, где ΔT_3 - вариация постоянной времени T_3 .

Пусть рассматриваемая система описывается совокупностью уравнений первого порядка

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{k=1}^n a_{ik} x_k + \sum_{q=1}^l b_{iq} f_q(t) \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (2.19)$$

Где a_{ik} и b_{iq} - постоянные коэффициенты, x_i - фазовые координаты, а $f_q(t)$ - внешние воздействия. Начальные условия в системе: при $t = 0$ $x_i = x_i^0$ ($i = 1, \dots, n$). Уравнения чувствительности получаются из этого уравнения дифференцированием по варьируемому параметру α_j , от которого могут зависеть коэффициенты a_{ik} и b_{iq} :

$$\frac{du_{ij}}{dt} = \sum_{k=1}^n a_{ik} u_{kj} + \sum_{k=1}^n c_{ik} x_k + \sum_{q=1}^l d_{iq} f_q(t) \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (2.20)$$

где $c_{ik} = \frac{\partial a_{ik}}{\partial \alpha_j}$ $d_{iq} = \frac{\partial b_{iq}}{\partial \alpha_j}$ – частные производные от коэффициентов системы предыдущих уравнений по варьируемому параметру α_j . Этим уравнениям соответствуют начальные условия $u_{ij}^0 = \frac{\partial x_i^0}{\partial \alpha_j}$ ($i = 1, \dots, n$). Если начальные условия x_i^0 не зависят от параметра α_j , то этим уравнениям соответствуют нулевые начальные условия.

Для решения этих уравнений необходимо сначала решить совокупность предыдущих уравнений и определить исходное движение $x_i(t)$ ($i = 1, \dots, n$).

Для нахождения функций чувствительности и дополнительного движения удобно использовать передаточные функции системы. Пусть, например, регулируемая величина $y(t, \alpha_j)$ связана с задающим воздействием зависимостью

$$y(t, \alpha_j) = L^{-1}[Y(p, \alpha_j)] = L^{-1}[\Phi(p, \alpha_j) G(p)], \quad (2.21)$$

где $G(p)$ – изображение задающего воздействия.

Функция чувствительности может быть получена из последнего уравнения дифференцированием по параметру α_j :

$$u_j(t) = \frac{\partial y(t, \alpha_j)}{\partial \alpha_j} = L^{-1} \left[\frac{\partial Y(p, \alpha_j)}{\partial \alpha_j} \right] = L^{-1} \left[\frac{\partial \Phi(p, \alpha_j)}{\partial \alpha_j} G(p) \right] = L^{-1} [S_j(p) G(p)]. \quad (2.22)$$

Здесь введена функция чувствительности передаточной функции

$$S_j(p) = \left[\frac{\partial \Phi(p, \alpha_j)}{\partial \alpha_j} \right]^0, \quad (2.23)$$

которая определяет первое приближение дополнительной передаточной функции, равной разности варьируемой и исходной передаточных функций при вариации параметра α_j :

$$\Delta\Phi_j(p, \alpha_j) = \tilde{\Phi}(p, \alpha_j) - \Phi(p, \alpha_j) = S_j(p) \Delta\alpha_j. \quad (2.24)$$

Эти зависимости справедливы в том случае, когда вариация параметра α_j не меняет порядка характеристического уравнения системы.

2.2.3 Синтез регулятора

Многие параметры в технологическом процессе должны находиться в некотором небольшом диапазоне и потому не требуют сложных систем управления. Здесь достаточно простого регулятора по отклонению: параметр отклонился в одну сторону, мы возвращаем его положительным управляющим воздействием, в другую – отрицательным.

Возьмем для примера регулятор Уатта (см. рисунок 41). Если скорость вращения вала паровой машины упала, надо добавить пара, для чего надо открыть заслонку, а, если повысилась – надо прикрыть заслонку.

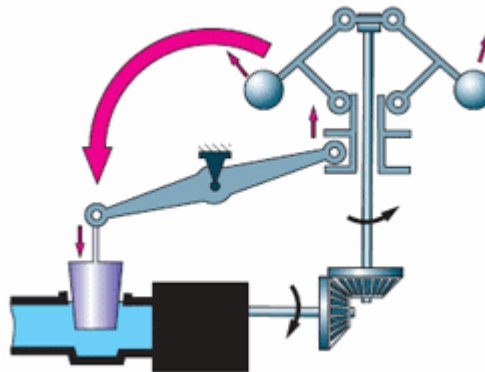


Рисунок 41 – Схема регулятора Уатта

2.2.4 Синтез оптимальной системы управления

Метод Эйлера-Лагранжа

Рассмотрим, как можно ставить и решать задачу оптимального управления на примере управления складом [34].

Для i -го вида ресурса:

$$\frac{dq}{dt} = S - R \quad (2.25)$$

где Q – остаток на складе;

S – приход;

R – расход.

$$S = \frac{dA}{dt} = \dot{A} \quad (2.26)$$

где A – объем заказа;

Управление возможно либо остатком ресурса на складе, либо объемом заказов. Воспользуемся методом АКОР (аналитическое конструирование оптимальных регуляторов), согласно которому функционал от начального момента до конечного равен:

$$\int_0^{t_k} (Q^2 + \alpha A^2) dt \rightarrow \min \quad (2.27)$$

Т.е. можно уменьшить остаток на складе, увеличивая объемы заказов.

Согласно методу Эйлера-Лагранжа:

$$L = Q^2 + \alpha A^2 + \psi \left(\frac{dQ}{dt} - \frac{dA}{dt} + R \right) \quad (2.28)$$

Составляем уравнения Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial Q} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{Q}} \right) = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial A} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{A}} \right) = 0 \end{cases} \quad (2.29)$$

Выполняем дифференцирование:

$$\begin{cases} 2Q - \frac{d}{dt}(\psi) = 0 \\ 2\alpha A + \frac{d}{dt}(\psi) = 0 \end{cases} \quad (2.30)$$

Получаем взаимосвязь между объемом заказа и остатком на складе:

$$2\alpha A + 2Q = 0; \quad A = -\frac{Q}{\alpha} \quad (2.31)$$

Подставляя полученное выражение в уравнение (2.26) и (2.25) имеем:

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{\alpha} \frac{dQ}{dt} - R \quad (2.32)$$

Собираем однородные слагаемые:

$$\frac{1+\alpha}{\alpha} \frac{dQ}{dt} = -R \quad (2.33)$$

Разделяем переменные:

$$dQ = -\frac{\alpha}{1+\alpha} R dt \quad (2.34)$$

Взяв неопределенные интегралы, получим:

$$Q = -\frac{\alpha}{1+\alpha} \int R dt + C \quad (2.35)$$

Граничные условия:

$$t = t_f, Q_f = Q_{min} \quad (2.36)$$

Рассмотрим случай хранения на складе крупных редко используемых деталей. После отбора одной из них, вероятность появления потребности во второй будет нарастать по экспоненте для потока Пуассона по следующей формуле:

$$R = k(1 - e^{-\lambda t}) \quad (2.37)$$

Подставляя в формулу (12) данное выражение и граничные условия, имеем:

$$C = Q_{min} + \frac{\alpha}{1+\alpha} (kt_f + \frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t_f}) \quad (2.38)$$

Теперь находим зависимость остатка на складе во времени:

$$Q(t) = -\frac{\alpha}{1+\alpha} \int_0^t R dt + Q_{min} + \frac{\alpha}{1+\alpha} (kt_f + \frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t_f}) \quad (2.39)$$

Отсюда, изменение во времени объема заказа:

$$A = \frac{1}{1+\alpha} \int_0^t R dt - Q_{min} - \frac{1}{1+\alpha} (kt_f + \frac{1}{\lambda} e^{-\lambda t_f}) \quad (2.40)$$

В зависимости от начального состояния склада решение задачи оптимального управления имеет два варианта. На основе формулы (2.39) можно построить графики зависимости остатков на складе данного вида ресурса следующего вида.

График, изображенный на рисунке 42а, иллюстрирует ситуацию, когда на момент начала управления запасов на складе меньше необходимого минимума, а второй график – рисунок 42б, если запас больше, чем необходимо.

Как видим, в обоих случаях размер остатка – управляемая величина и, соответственно, размер заказа – управляющее воздействие изменяются по экспоненте.

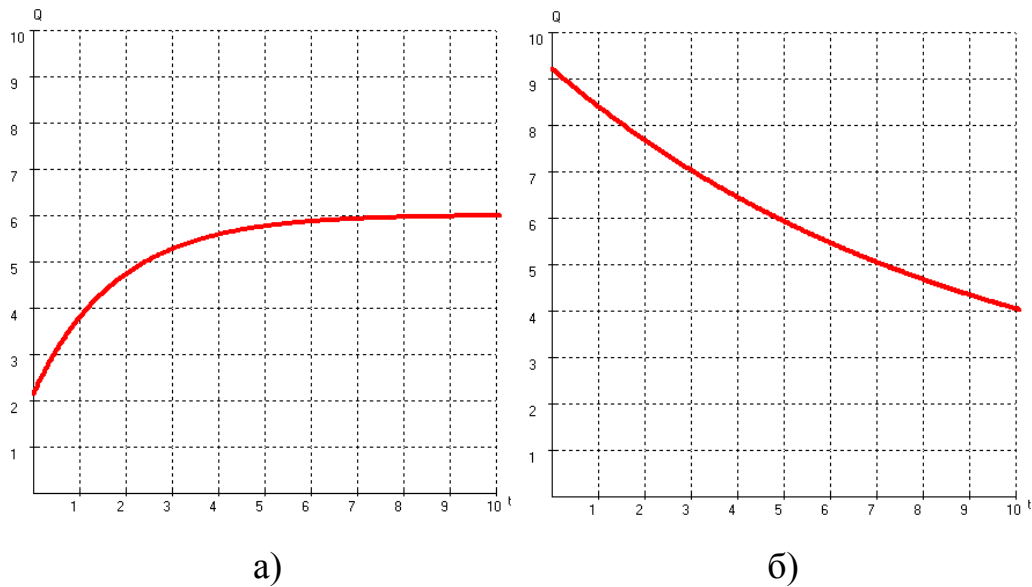


Рисунок 42 – График зависимости остатков на складе от времени

Принцип максимума Понтрягина

Решим предыдущую задачу с помощью принципа максимума. Составим гамильтониан

$$H = Q^2 + \alpha A^2 + \psi \left(-\frac{dA}{dt} + R \right) \quad (2.41)$$

Для нахождения максимума продифференцируем гамильтониан по управляющему воздействию

$$\frac{\partial H}{\partial A} = Q^2 + 2\alpha A = 0 \quad (2.42)$$

Отсюда

$$A = -\frac{Q^2}{2\alpha} \quad (2.43)$$

Подставляя в уравнение объекта (2.25), получим оптимальную траекторию

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{Q}{\alpha} \frac{dQ}{dt} - R \quad (2.44)$$

Собираем слагаемые, содержащие Q в левой стороне уравнения

$$\left(1 + \frac{Q}{\alpha} \right) \frac{dQ}{dt} = -R \quad (2.45)$$

Подставляем выражение для R из (2.37), решаем это уравнение методом

разделения переменных

$$\int \left(1 + \frac{Q}{\alpha}\right) dQ = \int k(1 - e^{-\lambda t}) dt \quad (2.46)$$

Взяв неопределенный интеграл получим

$$Q + 1/2\alpha Q^2 = kt + k/\lambda e^{-\lambda t} + C \quad (2.47)$$

Константу интегрирования находим из начальных условий: при $t = 0$ $Q = Q_0$. Тогда

$$Q + 1/2\alpha Q^2 = kt + k/\lambda e^{-\lambda t} + Q_0 + 1/2\alpha Q_0^2 - k/\lambda \quad (2.48)$$

Решая квадратное уравнение, получим уравнение оптимальной траектории

$$Q = \frac{-1 + \sqrt{1 + 2/\alpha (kt + k/\lambda e^{-\lambda t} + Q_0 + 1/2\alpha Q_0^2 - k/\lambda)}}{2/\alpha} \quad (2.49)$$

Принцип динамического программирования Беллмана

Предположим, что стоит задача оптимально распределить некоторый ресурс между подсистемами так, чтобы максимизировать совокупную эффективность потребления ресурсов [35,36]. Эта эффективность может измеряться различными показателями. Не углубляясь в детали будем считать, что функция $\psi_i(y_i)$ отражает улучшение какого-либо показателя качества управления (например, точности) в i – ой подсистеме за счет реализации выделенных для нее ресурсов в объеме y_i . Этот показатель будем принимать за показатель эффективности расхода ресурсов.

Введем обозначения: n – количество подсистем, $i = 1, \dots, n$; A – заданный объем ресурсов.

Предположим, что все функции $\psi_i(y_i)$ – возрастающие ($\frac{d\psi_i}{dy_i} > 0 \forall i = 1, \dots, n$) при $0 \leq y_i \leq A$, то есть эффект от использования ресурсов возрастает с увеличением выделенного их объема.

Распределение ресурсов между подсистемами описывается следующей математической моделью:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n \psi_i(y_i) &\rightarrow \max, \\ \sum_{i=1}^n y_i &= A, \\ y_i &\geq 0, i = 1, \dots, n.\end{aligned}\tag{2.50}$$

Сведем задачу оптимального перераспределения ресурсов между подсистемами многошаговому процессу с применением метода динамического программирования. Для этого перейдем к обозначениям, используемым для управляемых процессов:

$$\begin{aligned}n = T, t = i - 1, y_i = u(t), \psi_i(y_i) &= -f_0(t, u(t)), \\ i = 1, \dots, n, t = 0, \dots, T - 1.\end{aligned}\tag{2.51}$$

Теперь постановка задачи оптимального управления распределением ресурсов ставится следующим образом:

$$\begin{aligned}F = \sum_{t=0}^{T-1} f_0(t, u(t)) &\rightarrow \min, \\ \sum_{t=0}^{T-1} u(t) &= A, \\ u(t) &\geq t = 0, \dots, T - 1.\end{aligned}\tag{2.52}$$

В данной постановке отсутствует уравнение объекта управления. Примем в качестве такового накопительную функцию:

$$x(0) = 0, x(t + 1) = x(t) + u(t), x(T) = A, t = 0, \dots, T - 1.\tag{2.53}$$

Конечное равенство для $x(t)$ можно исключить, введя штрафную функцию $M[x(T) - A]^2$, где $M > 0$ – произвольно большое число. Окончательная постановка задачи оптимального управления выглядит следующим образом

$$\begin{aligned}F = \sum_{t=0}^{T-1} f_0(t, u(t)) + M[x(T) - A]^2 &\rightarrow \min, \\ x(t + 1) &= x(t) + u(t), \\ u(t) &\geq t = 0, \dots, T - 1 \quad x(0) = 0.\end{aligned}\tag{2.54}$$

Составим для этой задачи уравнение Беллмана с краевым условием:

$$\begin{aligned}\varphi(t, x) &= \max\{\varphi(t + 1, x + u) - f_0(t, u)\}, \\ t &= 0, \dots, T - 1, \\ \varphi(T, x) &= -M(x - A)^2.\end{aligned}\tag{2.55}$$

Решением задачи на каждой итерации будет следующий результат максимизации

$$u^*(t, x) = \operatorname{argmax}\{\varphi(t + 1, x + u) - f_0(t, u)\}. \quad (2.56)$$

2.2.5 Синтез адаптивной системы управления

Проще всего провести такую автоматизацию воспользовавшись методом встраивания модели в контур управления – рисунок 43. В такой схеме процессы, протекающие в модели-эталоне должны соответствовать регламентным стандартным условиям [37,38]. Тогда сравнение динамических значений параметров модельного и реального процессов можно подстраивать характеристики системы управления, добиваясь достаточно близкого приближения этих процессов и, тем самым, обеспечивая функционирование реальной системы в стандартном режиме.

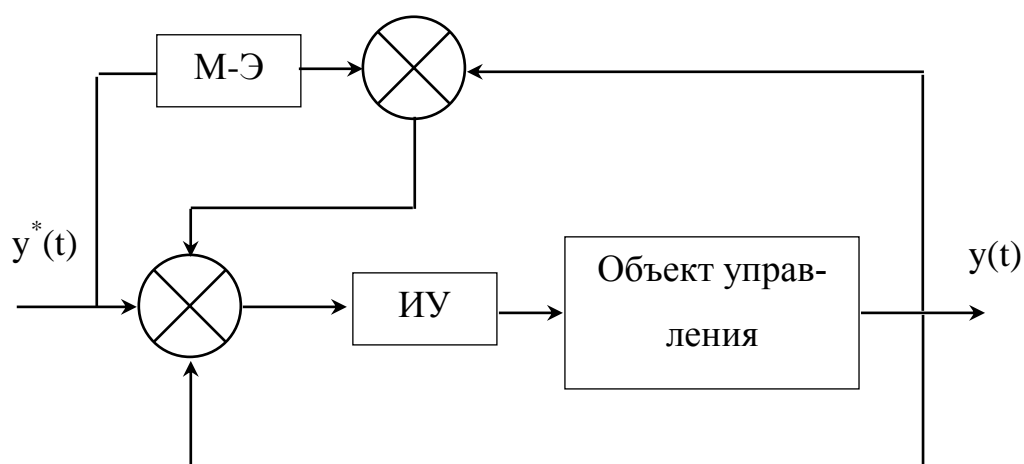


Рисунок 43 – Схема адаптивной системы управления с эталонной моделью

На рисунке 42 изображена структурная схема адаптивной системы управления с моделью-эталонном. Желаемый закон изменения управляемой величины подается сразу и на вход системы управления с обратной связью и на вход модели-эталона. В сравнивающем устройстве образуется разница между управляемой величиной и выходом модели-эталона. В зависимости от этой разности изменяются параметры регулирования в основном контуре. Это процесс

поддается математическому описанию и определению необходимых управляющих воздействий [27].

2.2.6 Синтез цифровой системы управления

В настоящее время компьютерные системы являются универсальным средством синтеза систем управления. Они могут выполнить практически любой алгоритм управления, достаточно лишь решить вопросы технологизации, то есть, как это сделать.

Чтобы убедиться в универсальности компьютерной системы управления, рассмотрим принцип ее действия. На рисунке 44 представлено универсальное средство управления в виде цифровой системы. Она включает: объект управления 1 в виде технологического процесса или технологической установки, процессор, включающий дешифратор команд 2, арифметико-логическое устройство 3 с регистром состояний 4, контроллером прерываний 5, памятью 6 и регистрами общего назначения 7 и периферийные устройства в виде устройства прямого доступа к памяти 8, контроллеров последовательного 9 и параллельного 10 доступа.

Работа процессора происходит по тактам, вырабатываемым тактовым генератором 11. Сигналы, связывающие объект управления с системой, преобразуются аналого-цифровыми преобразователями 11, 12, преобразователем уровня 13, 15 или через цифро-аналоговый преобразователь 14 и исполнительное устройство воздействуют на объект управления. Регистр состояний 4 с помощью флагов 1,2,..., N отражает состояние арифметико-логического устройства: переполнение, нахождение в нем отрицательного или положительного числа, четного числа, нуля. Регистры общего назначения служат для оперативного

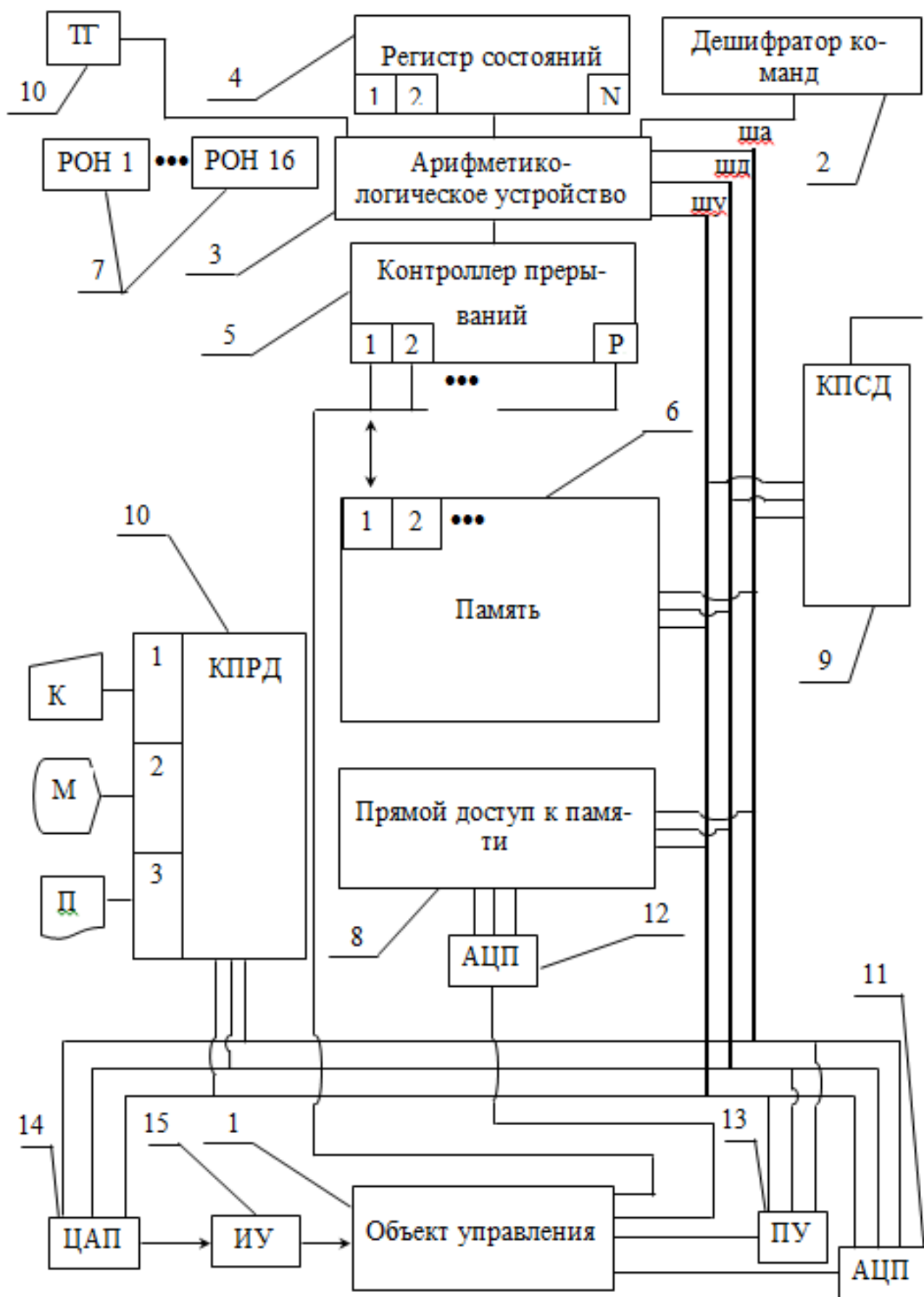


Рисунок 44 – Структурная схема цифрового управления

использования - к ним проще обратиться, чем к любой из ячеек памяти. Контроллер прерываний 5 обеспечивает прямое обращение к арифметико-логическому устройству по одному из векторов прерываний $1, 2, \dots, P$. В памяти 6 хранятся как компьютерная программа, по которой система работает, так и различные данные.

Все элементы системы связаны тремя шинами с высокоимпедансным состоянием (оно нужно для исключения конфликтов из-за одновременного обращения к шинам): адреса, данных и управления помеченными на рисунке 44 соответственно ша, шд, шу. Контроллер последовательного доступа 9 позволяет связаться с удаленными источниками информации, через него можно подключиться и к интернету. К контроллеру параллельного доступа 10 подключены клавиатура (К), монитор (М), принтер (П). Через него можно подключить и другие устройства с разнородной параллельно поступающей информацией.

От объекта управления 1, в общем случае, могут исходить три вида сигналов: аналоговые, логические, аварийные – во всех случаях система управления реагирует по-разному.

Аналоговые сигналы исходят от датчиков физических величин, которые следят за технологическими режимами: перемещение, скорость температура, давление, влажность, концентрация вещества и так далее. Эти сигналы, для того, чтобы компьютер их понимал, должны оцифровываться, то есть подвергаться дискретизации и квантованию. Эти операции выполняет аналого-цифровой преобразователь 10 (АЦП). Для считывания информации с каждого АЦП, он подключен к шинам адреса, данных и управления, а так же имеет уникальный адрес, чтобы арифметико-логическое устройство могло обратиться к каждому из них и, если нужно, управлять преобразованием.

Логические сигналы нет необходимости подвергать дискретизации, у них меняется только уровень до напряжения, используемого в системе 5 вольт. Эту операцию выполняет преобразователь уровня 11, для обращения к нему он подключен к шинам системы и имеет свой уникальный адрес.

Аварийные сигналы не могут находиться в режиме ожидания, они долж-

ны обрабатываться немедленно при поступлении. Для этого организуется прерывание работы арифметико-логического устройства. Прерывание увязывается с конкретным вектором прерывания. Например, в объекте управления есть часы, которые работают на операции вычитания 1 из заданного числа, как только это число обнуляется, требуется немедленная загрузка нового числа. Часы обращаются к процессору по своему вектору прерывания, например по 1. Процессор откладывает свою работу, но чтобы сохранить ее следы он загружает всю информацию в стек. Стеки бывают двух типов, как представлено на рисунке 30 – FIFO – первым пришел, первым вышел и LIFO – последним пришел – первым вышел. Соответственно процессор загружает первым содержимое арифметико-логического устройства, затем регистр состояний и содержимое регистров общего назначения. По номеру вектора прерывания процессор находит специально для этого случая приготовленную программу, находящуюся по заранее заданному адресу, на рисунке 39 этот факт указан стрелкой и выполняет ее, то есть посылает в регистр часов фиксированное число. После этого он вызывает информацию из стека в обратном порядке и продолжает прежнюю работу.

Существуют устройства, которые накапливают большое количество информации и требуют быстрой передачи ее в память, например, телекамера. В этом случае передача через процессор, как посредника, нерациональна. Эту работу может выполнить устройство прямого доступа к памяти, которое запрашивает доступ у процессора. Процессор в этом случае не прибегает к сохранению рабочей информации в стеке, а просто переходит в высокоимпедансное состояние, освобождая тем самым шины адреса, данных и управления. Устройство должно выставлять адреса ячеек, устанавливать сигнал записи на шине управления и передавать данные по соответствующей шине. По окончании работы устройство прямого доступа к памяти освобождает шины и передает инициативу процессору.

2.2.7 Управление абстрактным объектом

Очень часто можно услышать выражения управление качеством образования, готовностью ракеты к старту, техническим состоянием автомобиля, бизнес-процессом и так далее. Однако, когда задаются вопросы чем воздействовать на такой объект управления, чтобы изменить его состояние, как определить текущее значение этого состояние, какие факторы и условия возмущают состояние объекта сразу сталкиваемся с противоречием: такой объект не поддается никакому влиянию и определить его состояние тоже невозможно, поскольку объект абстрактный, оторванный от реальности. В каком же смысле здесь можно говорить об управлении?

Все перечисленные выше абстрактные объекты имеют общее свойство: для них существует материальный носитель, некоторый аспект которого они отображают. Так материальным носителем качества образования, являются обучающиеся или выпускники образовательного учреждения, материальным носителем готовности ракеты является сама ракета, стартовый комплекс и космонавты, находящиеся в стартующем корабле, материальным носителем технического состояния автомобиля является сам автомобиль со всеми его системами, а бизнес-процесс реализуется на конкретном предприятии и в определенных условиях.

Можно сделать вывод, что абстрактный объект является отображением конкретного объекта в определенных условиях. «Математически это отображение можно выразить оператором отображения.

Материальный носитель и абстрактный объект должны рассматриваться вместе, как единое целое, образуя единый контур управления [43,44]. Только в этом случае и можно говорить об управлении абстрактным объектом. При этом возникает несколько вопросов.

Первый вопрос связан с оценкой управляемой величины, в данном случае она же отражает состояние абстрактного объекта. Эта оценка будет простой, если оператор детерминированный, например функционал от детерминирован-

ных величин. Представителем такого оператора может служить оператор оценивания себестоимости изготовления продукта (для удобства его вычисления представлять его можно в многомерном пространстве [45]). Материальным носителем в этом случае будет конкретное производство с заданными технологическими операциями.

Если состояние абстрактного объекта оценивается вероятностью, то встает вопрос – как управлять вероятностью? Повышать вероятность некоторого события возможно только созданием условий, благоприятствующих его появлению, и устранением причин его неоявления. Примером является управление готовностью производства к запуску новой продукции. Оценить готовность можно вероятностью того, что в данный момент можно начать производство. Для повышения этой готовности необходимо разработать технологию, обеспечить производство всеми материалами, комплектующими, наконец, подготовить кадры [46]. В этом случае управление в значительной мере становится организационным. При этом под организационным управлением будем понимать «развернутую во времени совокупность процедур, позволяющую сформировать определенную целенаправленную систему деятельности. Каждая такая процедура вмешивается в налаженный или случайный ход событий, увеличивая вероятность возникновения целевого события. Основу процесса организационного проектирования составляет разработка формально-логической модели предприятия, отвечающей целевым установкам» [47].

Для поиска аналогий обратимся к классической теории оптимального управления. В этом случае оператором отображения является интегральный оператор, который отображает состояние объекта управления в функциональное пространство [39]. Структурная схема представлена на рисунке 45.

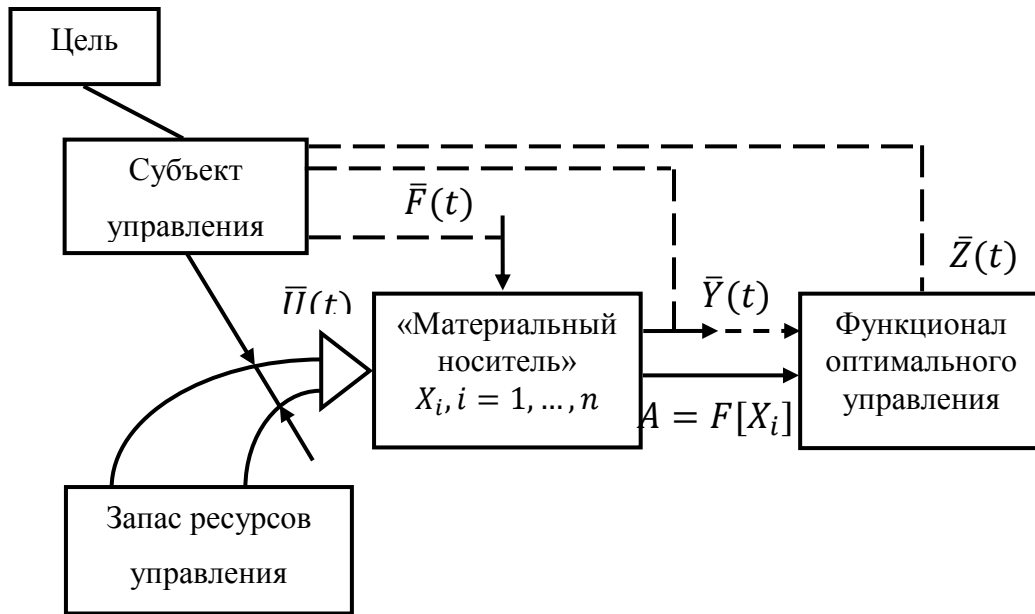


Рисунок 45 – Абстрактный объект – значение функционала

Схема на рисунке 44 имеет два уровня и два контура. При этом в первом контуре осуществляется реальное управление, а во втором контуре осуществляется оценка результата, которая получается взятием интегрального оператора от текущего состояния объекта, меняется состояние, изменяется значение интегрального оператора $\bar{Z}(t)$. Если существует математическая зависимость воздействий и оценки их результатов (уравнение объекта) можно задачу оптимального управления сначала решить теоретически, а затем следовать найденным законам управления. Но можно представить и адаптивную систему, которая находит оптимальное значение функционала путем проб и ошибок и постепенного улучшения.

«Алгоритмы управления коренным образом меняются, когда объект управления полностью абстрактен. Схема управления в этом случае изменяется, как показано на рисунке 46. Поскольку абстрактный объект есть отображение материального, у него всегда имеется материальный носитель, на который уже можно подавать реальные управляющие воздействия, реализуя, тем самым, косвенное управление. Состояние абстрактного объекта является в этом случае гомоморфным отображением (образом) [40] каких-то качеств или свойств, по-

казателей материального носителя, и в этом его принципиальное отличие от модели объекта, которая должна реализовывать и все процессы,

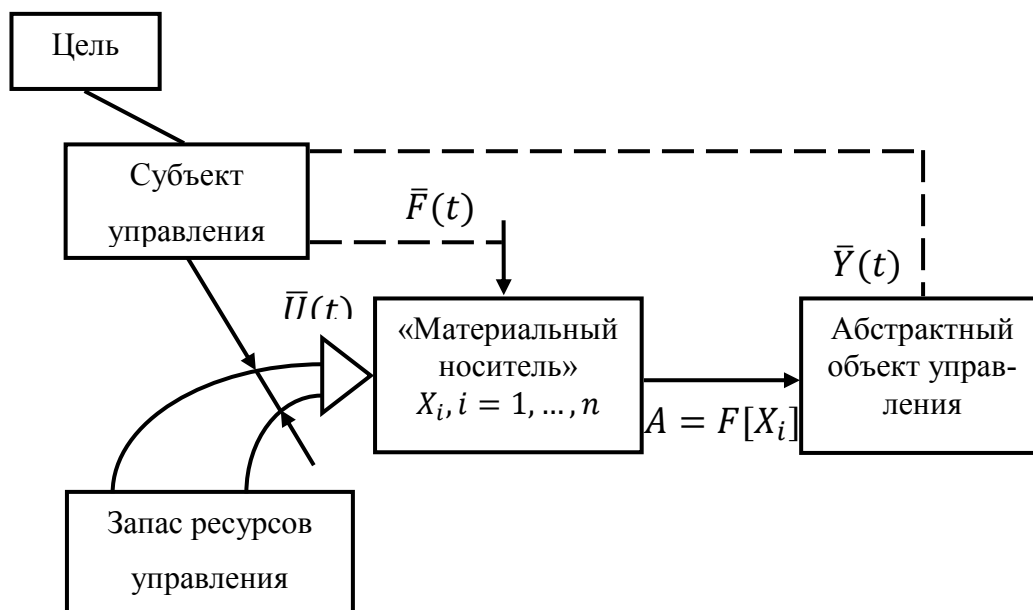


Рисунок 46 – Схема системы управления абстрактным объектом

протекающие в моделируемом объекте.»

«Гомоморфизм – это приближительный изоморфизм (изоморфизм – взаимно-однозначное соответствие между элементами двух абстрактных множеств, сохраняющее все свойства элементов этих систем и все отношения между ними). Изоморфизм означает тождество, подобие, одинаковость строения. Такое подобие предполагает равночисленность, так как если исследуемые совокупности имеют разные мощности, то они будут иметь и разное строение [41, 42]. Гомоморфный образ содержит не большее число элементов, чем оригинал, но элементами его могут быть классы индивидов, являющихся элементами прообраза. Основная цель гомоморфного преобразования состоит в том, чтобы «свернуть» всю доступную информацию об исследуемых объектах (явлениях, процессах) в более компактную, удобно обрабатываемую форму. Универсальных алгоритмов такого преобразования в настоящее время нет» [40]. Математически это отображение можно выразить оператором отображения, как показано на схеме рисунка 45.

Таковы структурные схемы управления в случае управления объектом. При управлении процессами, важны показатели процесса (например, технологические режимы), логика его протекания (стадии или этапы), погрешности и отклонения. Абстрактный объект в классической теории управления появляется над системой управления, как представлено на рисунке 40. Математически подобная задача сводится к

Особые алгоритмы необходимы при управлении некоторым процессом, схема которого представлена на рисунке 47. При этом количество отображающих операторов возрастает за счет разбиения основного процесса на части: этапы, стадии, подпроцессы, процедуры, операции. Кроме того, основной задачей верхнего уровня при управлении процессом становится задача оптимального перераспределения ресурса между частями этого процесса и прогнозирования [49]. Разумеется, и логика следования частей процесса, кроме последовательной, может быть разветвленной, а так же с параллельной реализацией некоторых частей и последующим их схождением. При реализации схождения, параллельно идущих частей процесса, необходимо дополнительно решать задачу синхронизации, а иногда дополнять иерархией.

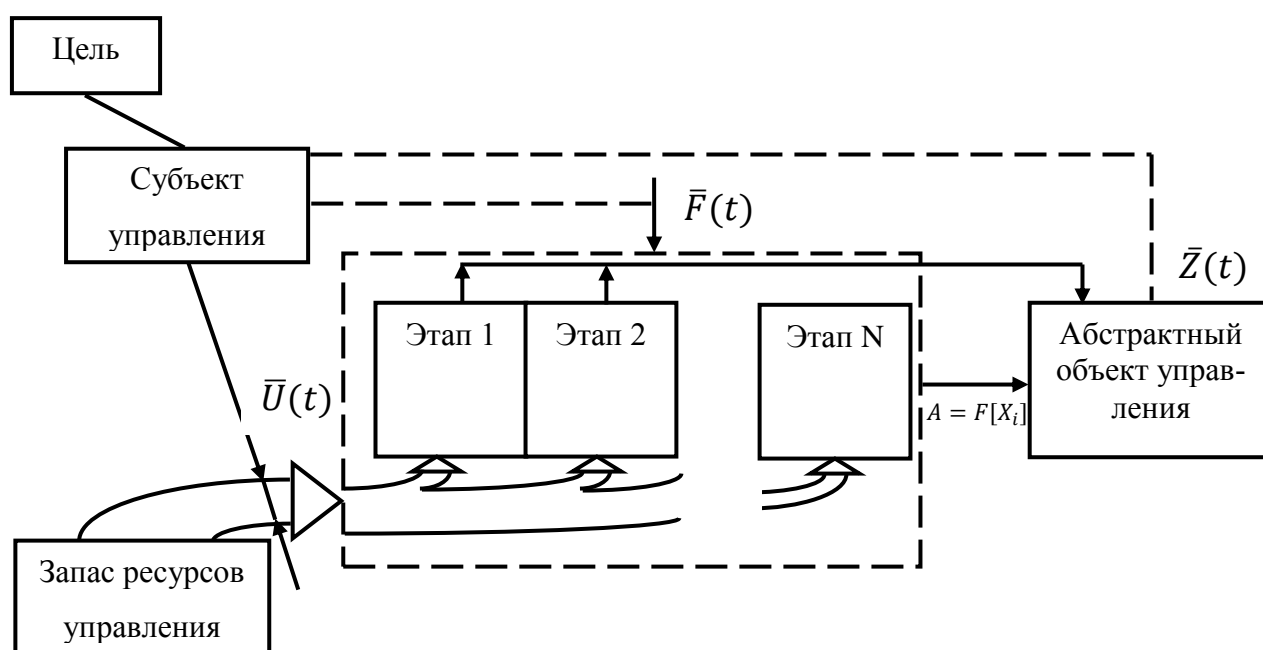


Рисунок 47 – Управление процессным абстрактным объектом

Подводя итог теоретическому исследованию, введем определение: управление абстрактным объектом будем понимать как применение управленческих алгоритмов к материальному носителю, отображением (образом) которого является состояние абстрактного объекта, изменяющих это состояние в направлении цели управления. Чаще всего встречается именно управление состоянием системы: самочувствием организма, развитостью компетенций, техническим состоянием автомобиля, готовностью ракеты к старту и так далее. Схема формирования системы управления подобным абстрактным объектом изображена на рисунке 48. Большая стрелка указывает отображение состояния функционирующей системы, представленной в нижней части рисунка, в управляемый объект.

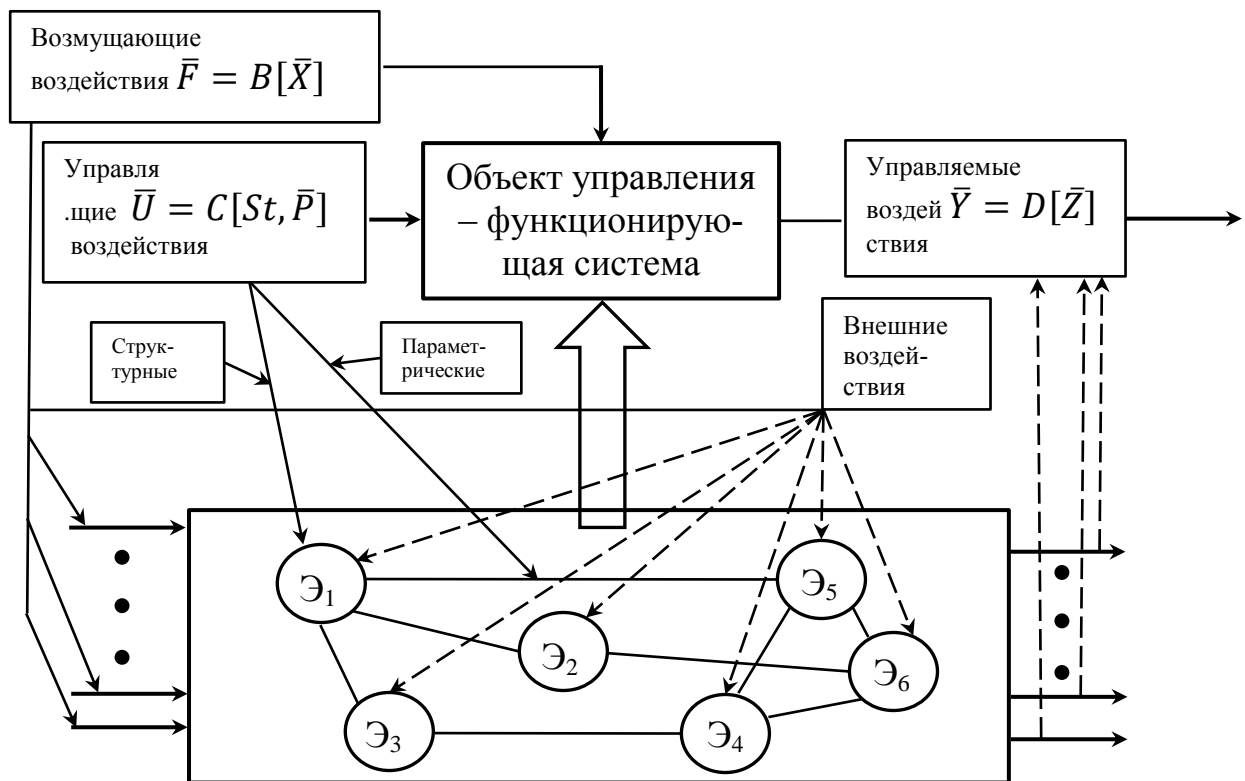


Рисунок 48 – Схема формирования системы управления абстрактным объектом

Управляемые величины формируются оператором преобразования D и включают в основном результирующие показатели, демонстрируемые системой

во время функционирования. Эти величины являются для системы управления предметом главного контроля и позволяют оценить степень достижения поставленной перед системой цели.

Управляющие воздействия здесь могут быть многообразными. Они включают как структурные преобразования системы, параметрические изменения в элементах и режимах их функционирования, так и изменения различных условий, как внешних, так и внутренних. Этот факт изображается на рисунке оператором преобразования S .

Наконец, возмущающие воздействия можно разделить на два класса. Первый класс связан с входными воздействиями по объемам, качеству другим технологическим требованиям. Поскольку существует принцип, описанный выше, что самое большое возмущение исходит от полезной нагрузки, в этом случае он так же действует. Ко второму классу относятся все внешние и внутренние воздействия на элементы системы и взаимосвязи между ними.

Как видим, после проведения операторных преобразований появляется классическая схема управления объектом.

В виде примера рассмотрим вопросы управления качеством продукции, которое является в конечном счете - главным конкурентным преимуществом любого предприятия. Однако на повышение его уровня необходимо тратить значительное количество ресурсов, вкладываемых в различные организационно-технические производственные процессы. Важно при этом распределять ресурсы не равными долями по всем процессам, а так, чтобы добиваться максимального результата. Для этого необходимо разработать модель распределения ресурсов, поставить и решить задачу оптимального управления [50], что позволит достичь согласованного взаимодействия подсистем [43].

Пусть производственная система состоит из n подсистем. Примем гипотезу дискретного расходования ресурсов, направляемых на повышение качества продукции, в соответствии с этим размер вклада в каждую подсистему m_i долей ресурсов. Каждая доля пропорционально уменьшает вероятность брака от достигнутого состояния. Вероятность работы i - й подсистемы ($i = 1, n$) без брака

обозначим через P_i . Если рассматривать последовательную производственную цепочку, то брак на любой операции испортит все изделие в целом, поэтому вероятность качественной работы системы должна определяться через произведение. Соответственно вероятность качественной работы системы выразится как

$$P = \prod_{i=1}^n (1 - (1 - P_i)^{m_i}) \quad (2.57)$$

Чтобы упростить выражение (2.57), допустим, что $P_i = 1 - q_i \rightarrow 1$, где q_i - вероятность брака в i -й подсистеме. Производя перемножение в (2.57) получим многочлен, в котором ограничимся только первыми степенями q_i в силу его малости:

$$P = 1 - \sum_{i=1}^n q_i^{m_i} \quad (2.58)$$

Тогда по формуле полной вероятности - вероятность брака во всей системе:

$$Q(\bar{m}) = \sum_{i=1}^n q_i^{m_i}, \quad (2.59)$$

где $\bar{m} = \{ m_1, m_2, \dots, m_n \}$ - вектор состава системы.

Общие затраты на повышение качества продукции можно найти, пользуясь простой линейной зависимостью:

$$C = C(\bar{m}) = \sum_{i=1}^n c_i m_i, \quad (2.60)$$

где c_i - стоимость единицы выделяемых ресурсов i -й подсистемы.

С точки зрения повышения качества продукции необходимо определить значения m_i (количества долей ресурсов), обеспечивающие $\min Q(\bar{m})$ при условии, что $C(\bar{m}) \leq C_{\text{зад}}$, где $C_{\text{зад}}$ - величина ограничения выделяемых ресурсов. В этом случае функция Лагранжа $F(\bar{m})$ имеет следующий вид:

$$F(\bar{m}) = Q(\bar{m}) + \varepsilon (C_{\text{зад}} - C(\bar{m})), \quad (2.61)$$

где ε - неопределенный множитель Лагранжа.

Необходимые условия экстремума функции $F(\bar{m})$ выражаются системой уравнений Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(\bar{m})}{\partial m_i} = 0, & i = 1, 2, \dots, n \\ C_{\text{зад}} = C(\bar{m}) \end{cases} \quad (2.62)$$

Совместное решение уравнений (2.62) позволяет определить n оптимальных значений m_i , которые могут получиться нецелочисленными.

Функцию Лагранжа перепишем в виде:

$$F(\bar{m}) = \sum_{i=1}^n q_i^{m_i} + \varepsilon(C_{\text{зад}} - \sum_{i=1}^n c_i m_i). \quad (2.63)$$

Подставив $F(\bar{m})$ в первое уравнение системы (2.62), получим:

$$\frac{\partial F(\bar{m})}{\partial m_i} = q_i^{m_i} \ln q_i - \varepsilon c_i = 0 \quad (2.64)$$

откуда,

$$m_i = \frac{\ln \frac{\varepsilon c_i}{\ln q_i}}{\ln q_i} = \frac{\ln \varepsilon a_i}{\ln q_i}, \quad (2.65)$$

где $a_i = \frac{c_i}{\ln q_i}$

Для определения множителя Лагранжа ε , подставим m_i из выражения (2.65) во второе уравнение системы (2.62):

$$\begin{aligned} C_{\text{зад}} &= \sum_{i=1}^n c_i m_i = \sum_{i=1}^n c_i \frac{\ln \varepsilon a_i}{\ln q_i} = \sum_{i=1}^n a_i \ln q_i \frac{\ln \varepsilon a_i}{\ln q_i} = \\ &= \sum_{i=1}^n a_i (\ln |\varepsilon| + \ln |a_i|) = \ln \varepsilon \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n a_i \ln a_i \end{aligned} \quad (2.66)$$

В формуле (2.66) после применения формулы логарифма произведения числа ε и a_i надо брать по модулю, поскольку логарифм отрицательного числа не существует. Выразим отсюда множитель Лагранжа и подставим в (2.65):

$$\ln \varepsilon = \frac{C_{\text{зад}} - \sum_{i=1}^n a_i \ln a_i}{\sum_{i=1}^n a_i}. \quad (2.67)$$

$$m_i = \frac{1}{\ln q_i} \left[\frac{C_{\text{зад}} - \sum_{i=1}^n a_i \ln a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} + \ln a_i \right] \quad (2.68)$$

Выберем в качестве примера производственную систему с тремя подсистемами и рассмотрим два случая: 1) процент брака разный для всех подсистем и равный начиная с первой 1, 1.75, 2, стоимость единицы ресурсов равна 10 условных единиц, при выделении общей суммы на повышение качества в 200 единиц ресурсов, тогда

$$\begin{aligned} \ln q_1 &= 6,907, \quad \ln q_2 = 6,348, \quad \ln q_3 = 6,214, \quad a_1 = \frac{c_1}{\ln q_1} = 1,447, \quad a_2 = \\ \frac{c_2}{\ln q_2} &= 1,575, \end{aligned}$$

$$a_3 = \frac{c_3}{\ln q_3} = 1,609, \ln a_1 = 0,369 \quad \ln a_2 = 0,454 \quad \ln a_3 = 0,476$$

2) процент брака одинаковый и равный 1,5, стоимость единицы ресурсов, начиная с первой подсистемы – 8,9,10, при выделении 200 единиц ресурсов

$$\ln q_1 = \ln q_2 = \ln q_3 = 6,502, a_1 = \frac{c_1}{\ln q_1} = 1,23, a_2 = \frac{c_2}{\ln q_2} = 1,384,$$

$$a_3 = \frac{c_3}{\ln q_3} = 1,538, \ln a_1 = 0,207 \quad \ln a_2 = 0,325 \quad \ln a_3 = 0,43$$

Размеры выделенных ресурсов по подсистемам для первого случая представлены гистограммой на рисунке 49, для второго – на рисунке 50. По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы. По первому случаю:

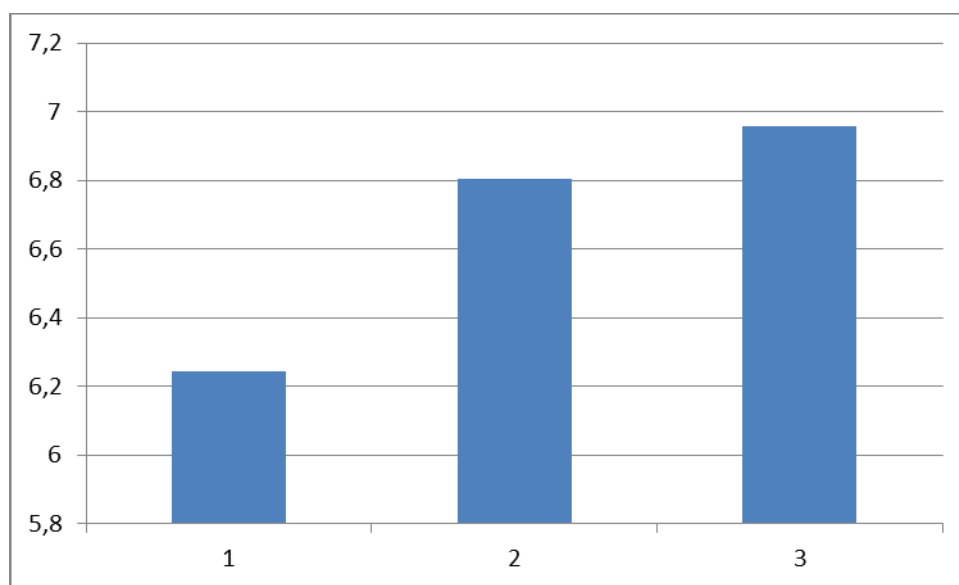


Рисунок 49 – Распределение ресурсов для разного процента брака

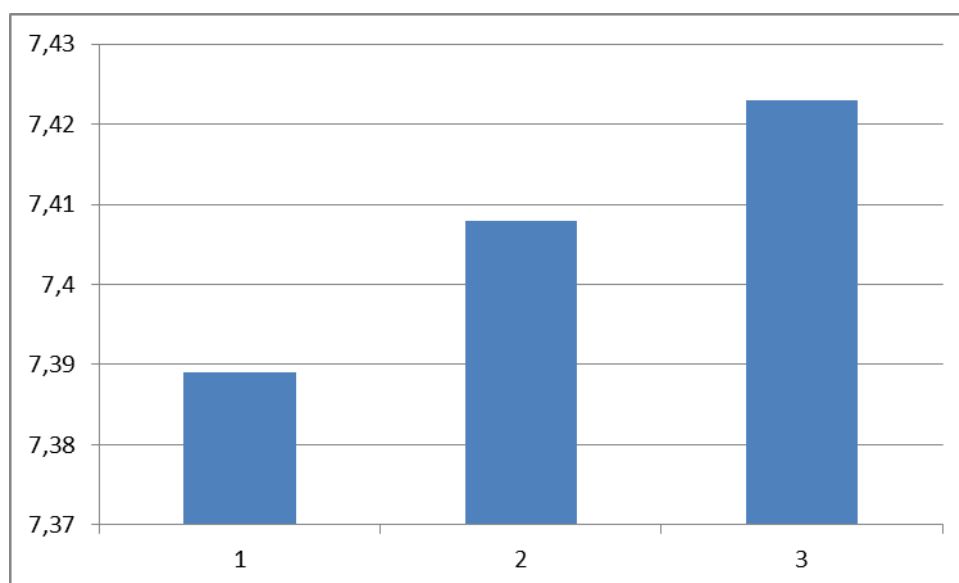


Рисунок 50 – Распределение ресурсов для случая разной стоимости единицы ресурса

1. Количество выделяемых ресурсов должно возрастать по мере увеличения процента брака возможного в подсистеме.

2. В размере выделяемых ресурсов наблюдается такое же скачкообразное изменение, как и в проценте возможного брака у производственных подсистем.

По второму случаю выводы следующие:

3. Количество выделяемых на повышение качества ресурсов должно возрастать по мере роста стоимости единицы ресурсов

4. Соотношение выделяемых ресурсов примерно соответствует соотношению стоимостей единицы ресурса.

Таким образом, управление качеством продукции как абстрактным объектом сводится к обеспечению как можно более благоприятных условий безбракового функционирования подсистем промышленной производственной системы. Для повышения эффективности вложения ресурсов в подсистемы с целью повышения качества продукции необходимо ставить и решать оптимизационную задачу. Удобным инструментом является разработанная модель, адаптирующая процесс оптимизации по метод Эйлера – Лагранжа.

Проведенное исследование показывает:

1. У абстрактного объекта управления всегда есть материальный носитель.
2. Состояние абстрактного объекта – гомоморфное отображение материального носителя.
3. Цель управления абстрактным объектом всегда связана с его состоянием. Управление абстрактным объектом сводится к организационному управлению, алгоритмы которого преобразуют материальный носитель в направлении целевого изменения состояния этого абстрактного объекта.

Главной задачей общего алгоритма управления является ранжирование влияющих факторов и оптимальное перераспределение ресурсов между ними. В простейшем случае можно применить линейное разложение по формуле (2.61), в котором функции влияния могут быть определены экспертным методом.

2.3 Основы теории автоматизации

Как следует из определения, рассмотренного выше, автоматизация есть процесс замены человека в операциях управления. Понятно, что этапами этого процесса являются теоретическое исследование и решение задачи управления разработка алгоритмов управления на основе ее решения и техническая реализация системы автоматизации в целом, включая возможную модернизацию управляемой технологии.

В настоящее время компьютер стал главным средством автоматизации. Его возрастающие возможности по охвату всего производственного процесса в целом позволяют говорить о компьютерно-интегрированном производстве (СІМ – computer integrated manufactory). При этом в качестве объекта, на который нацелено производство, можно рассматривать рынок, тогда производственный процесс можно представить включенным в обратную связь с рынком,

как изображено на рисунке 51.

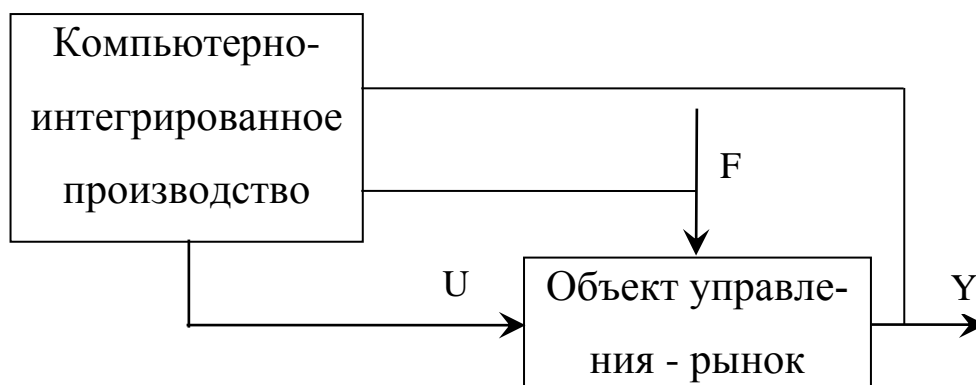


Рисунок 51 - Схема взаимодействия СИМ с рынком

Как следует из схемы, компьютерно-интегрированное производство следит за состоянием рынка (цены на разные виды продукции и объемы продаж) и за действующими на него возмущениями (колебание курса валюты, изменение вкусов потребителей, технический прогресс), быстро перестраивает производство на выпуск товаров в ассортименте, объеме и стоимости, приносящих наибольшую прибыль предприятию. При этом само компьютерно-интегрированное производство является многоуровневым, что иллюстрирует рисунок 52.

Здесь самый нижний - подсистемы ввода – вывода, над ними находится уровень локальных систем автоматизации. Далее следует SCADA – уровень диспетчеризации (supervisory control and data acquisition – супервизорное управление и получение данных). Верхний уровень занимает система MRP (manufacture resource planning - планирование производственных ресурсов) еще выше ERP (enterprise resource planning – планирование ресурсов предприятия). Между SCADA уровнем и самым верхним уровнем находится MES уровень (manufacture execute system – производственная исполнительная система).

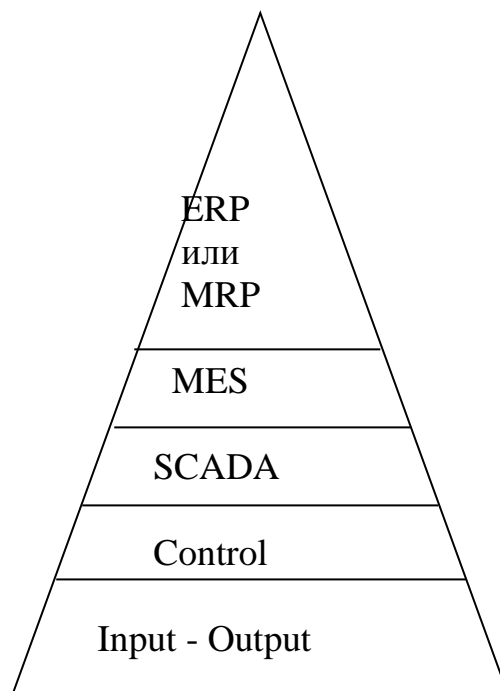


Рисунок 52 - Иерархия уровней автоматизации

Структуру компьютерно-интегрированного производства наглядней представить в виде образа человеческой фигуры - рисунок 53. Здесь в основе (в ногах) лежит цифровое управление (NC – numeric control). Над этой основой

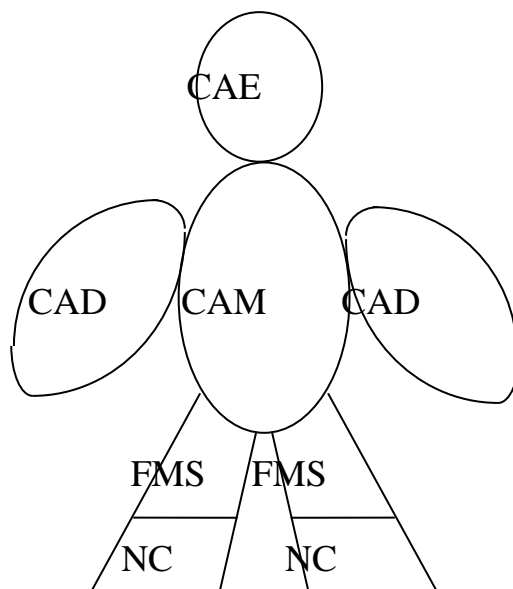


Рисунок 53 - Структура CIM

возвышаются гибкие производственные системы (FMS – flexible manufacture

system). Центром является гибкое автоматизированное производство (САМ – computer added manufactory), в качестве рук фигурируют системы автоматизированного проектирования (САД - computer added design), а головой всему является автоматизация инженерного труда (САЕ - computer added engineering).

Экономической целью всякого производства является получение прибыли, которая, в свою очередь, является функцией производительности (П) производства, качества (К) выпускаемой продукции, затрат (З) на производство продукции и степени учета некоторых других факторов (Эк) - экологии, юридических аспектов, местных условий и так далее

$$\mathcal{E} = f(\text{П}, \text{К}, \text{З}, \text{Эк}). \quad (2.69)$$

Попробуем конкретизировать данную формулу. Поскольку любая автоматизация связана с затратами, необходимо, чтобы эффект от использования её результатов был максимален и быстро оправдывал вложенные средства. Поэтому логично положить в основу синтеза в качестве критерия для выбора наилучшего варианта автоматизации отношение эффекта от автоматизации, измеренного в каких-либо единицах, к затратам, связанным с ее проведением

$$\eta = \frac{\mathcal{E}}{З} \quad (2.70)$$

и стремиться при проектировании системы автоматизации довести это отношение до максимума.

Затраты могут быть денежными, материальными, временными, либо технологическими (например, затраты памяти компьютера, загруженность канала передачи данных) и т. д., а также комплексными. При этом существует несколько видов эффекта от автоматизации: экономический, социальный или качественный. Достоинством дробного выражения коэффициента удельного эффекта является его безразличие к размерности эффекта и затрат, а так же более высокая чувствительность в зоне малых эффектов и больших затрат по сравнению например с разностным показателем.

Поскольку автоматизация процесс – затратный, начинать ее реализацию необходимо с обоснования ее целесообразности.

Первое обоснование – экономическое: автоматизация оправдана только тогда, когда она приносит прямой экономический эффект посредством повышения производительности труда, качества изготавливаемой продукции, снижения себестоимости ее изготовления и т. д. Тогда эффект можно оценить в денежных единицах.

Другим обоснованием может быть социальный эффект: автоматизация освобождает человека от вредных и опасных условий труда, устраняет монотонную нетворческую работу и т. д. В этом случае необходим поиск критериев для сравнения эффективности систем автоматизации не обязательно денежных.

Наконец, третьим обоснованием может служить то, что автоматизация помогает преодолевать ограниченные природой возможности человека, т. е. повышать имеющиеся или привносить новые качества - многократно увеличивать его физическую силу, зрение, слух, интеллект и т. д. Эффект от нового качества, который порождает автоматизация, требует меры для сравнения важности качеств. В этом случае оценка эффекта особенно трудна и в значительной степени обусловлена личными интересами человека (например, какой автомат купить при имеющихся свободных средствах - автомобиль, телевизор или компьютер), региональными условиями или даже национальными особенностями, личными доходами и так далее. А, иногда, даже политикой государства: на создание какой техники направлять денежные средства - космической, ядерной или профинансировать разработку технологии клонирования человека?

Не исключён и “комбинированный” вариант обоснования. В этом случае необходимо ввести коэффициенты ранжирования эффектов [50]

$$\eta = \frac{\mathcal{E} + \alpha_1 \mathcal{E}_c + \alpha_2 \mathcal{E}_k}{3} \quad (2.71)$$

где \mathcal{E} , \mathcal{E}_c , \mathcal{E}_k – эффекты от аспектов автоматизации соответственно от экономического, социального и эффекта появления нового качества.

Данный критерий обобщает критерий Шаумяна Г.А., и тем самым теория производительности труда может быть развита в более общую теорию автоматизации на базе этого критерия.

Прямым следствием применения этого критерия является расширение направлений автоматизации, при котором к прежним трем, описанным Шаумяном Г.А. путям (повышение производительности оборудования, снижение его стоимости и уменьшение числа работающих) добавляется улучшение качества продукции, множество социальных, экономических, технологических мероприятий, которые повышают значение критерия (2.71).

Примеры систем автоматизации из перечисленных классов уже приведены выше, например – шланго-кабельное бурение, направленное на увеличение производительности технологического оборудования, а система диагностики близорукости направлена на получение социального эффекта.

2.4 Целесообразность обусловлена экономикой

В этом случае автоматизация повышает производительность труда, соответственно снижаются затраты и, следовательно, себестоимость и тогда увеличенная прибыль, как разница между рыночной ценой и себестоимостью компенсирует затраты на автоматизацию.

С другой стороны, автоматизация может повысить качество продукции, что позволит продавать эту продукцию по более высокой цене и, тем самым сделать автоматизацию окупаемой.

Такое обоснование целесообразности автоматизации самое простое, издавна применяемое, можно даже сказать классическое. Автоматизация приносит самые большие плоды при массовом промышленном производстве. Автомат действует быстрее человека, точнее и он не устает от однообразных действий, поэтому, заменяя человека в управлении технологическим оборудованием, сразу повышаем производительность труда и качество изготавливаемой продукции. В Японии даже говорят об устранении слабого звена из производственной цепочки.

2.5 Целесообразность обусловлена социальным эффектом

В этом случае автоматизация направлена на устранение вредных и опасных условий труда человека. Напрямую вред, причиненный здоровью производством, не оценивается деньгами, поэтому альтернативные варианты автоматизации при выборе можно сравнивать, например, по величине удельного эффекта, то есть эффекта полученного на единицу произведенных затрат. Эффект при этом может оцениваться в разных единицах в зависимости от вида вредности – например, в единицах радиации (мзврт), запыленности г/м^3 , концентрации вредного вещества г/м^3 .

Такого рода автоматизация тоже должна отрабатываться на уровне технологии – например, разгрузка цементных вагонов или вагонов с углем методом помещения вагона на эстакаду, а уже за тем система управления должна обеспечить выполнение данной технологии в соответствии с технологическими операциями и режимами.

Особые требования к автоматам, когда возникает угроза жизни человека. Например, проверка в якобы забытых сумок, поклаж в людном месте. В этом случае необходим специальный робот, который оснащен техническим зрением и манипуляторами.

Еще большая специфика конструкции и оснащению робота, работающего в радиоактивной среде. В этом случае электронная система управления может первой выйти из строя.

Опасные ситуации могут возникать под водой, для их исключения служат глубоководные аппараты с очень сложными навигацией, связью с людьми на поверхности и управлением движением.

Примеры систем автоматизации из данного класса так же приведены выше – это технология диагностики процесса лечения близорукости.

2.6 Целесообразность обусловлена новым качеством

В этом классе систем автоматизации можно выделить три направления развития: протезирование, удаленное восприятие, автономное восприятие.

Конечно, протезирование может относиться и к предыдущему классу, как автоматизация, обусловленная социальным эффектом, если она при этом не придает человеку новых, усиленных качеств - зрение в другом диапазоне электромагнитных волн, слух, превосходящий человеческий уровень и так далее. Эти же требования относятся и к другим протезам-автоматам: сердца, печени, почек и др.

Удаленное восприятие требует решения сначала вопросов технологизации: как создать соответствующий датчик, а затем, если вопросы сбора, хранения и передачи соответствующей информации решены, то как организовать передачу ее человеку – путем создания специальных приборов, предоставляющих возможность непосредственного восприятия человеком информации, иногда переводящих сигналы из одного вида в другой (например, зрительных сигналов в тактильные – для слепых) или путем непосредственного встраивания в человеческий организм специальных элементов и в перспективе – создания киборгов.

Наконец, третье направление ведет к созданию автономных роботов, самостоятельно изучающих окружающую среду, принимающих решение и достигающих поставленных целей.

2.6.1 Экзоскелет

Под экзоскелетом (от греч. Ἐξω - внешний и σκελετος - скелет) понимается внешнее устройство, иногда в виде костюма, снабженное гидро - или пневмо-приводами для усиления мышечных усилий человека. Экзоскелет часто используется для восполнения утраченных функций, но иногда для увеличения силы мышц человека и расширения амплитуды движений за счёт внешнего

каркаса и приводящих частей.

Экзоскелет военного назначения, отличие от рассмотренного выше в большой степени отделяется от человека и называется мехом – это вид фантастических перспективных машин, передвигающихся при помощи ног (обычно двух или четырёх), и пилотируемых человеком, находящимся внутри.

Экзоскелет повторяет биомеханику человека для пропорционального увеличения усилий при движениях. Для определения этих пропорций следует использовать информацию о хозяине, описываемую понятием анатомическая параметризация. То есть имеется специальный датчик, измеряющий нервное напряжение в мышцах и исполнительное устройство, создающее соответствующее усилия в механике экзоскелета.

2.6.2 Приборы, совершенствующие зрение

2.6.2.1 Телескопы

Сам телескоп, как усиливающий зрение прибор – на первом этапе - предмет технологии, включающий сбор света с большей, чем у зрачка человека площади. С другой стороны, он может обеспечить переход в другие диапазоны электромагнитной шкалы - инфракрасный и радиоизлучения, ультрафиолетовый, рентгеновский и гамма-излучения.

А затем автоматизация, то есть управление движением, при наблюдении движущихся объектов, луны, звездного неба, комет, солнца. При автоматической фокусировке, использование адаптивной оптики.

Однако самые хорошие условия для наблюдения, конечно в космосе. Это доказал телескоп Хаббла и еще большие надежды возлагают на телескоп Джеймса Уэбба. Эти телескопы, конечно, полностью автоматические с прецизионными механизмами ориентации и стабилизации.

2.6.2.2 Микроскопы

Первый этап технологизации обеспечивается соответствующим ходом лучей, для этого применяются оптические линзы, магнитные поля, формы излучателей в рентгеновских аппаратах, устройства обеспечивающие туннельный ток.

Автоматизировать процесс в оптическом микроскопе можно обеспечением должного уровня освещения. Электронный микроскоп требует управления магнитными полями, а туннельный микроскоп, так же как и силовой – обеспечения равноудаленного движения вдоль наблюдаемой поверхности. В случае туннельного микроскопа система управления удерживает определенный уровень туннельного тока, в случае силового – определенное усилие.

2.6.2.3 Приборы ночного видения

Технологизация – усиление светового потока, автоматизация автоматическая фокусировка.

Прибор ночного видения (ПНВ) — класс оптико-электронных приборов, обеспечивающих оператора изображением местности (объекта, цели и т. п.) в условиях недостаточной освещённости. Приборы данного вида нашли широкое применение при ночных боевых действиях, для ведения скрытного наблюдения (разведки) в тёмное время суток и в тёмных помещениях, вождения машин без использования демаскирующего света фар и т. п.

Несмотря на ряд преимуществ, которые эти приборы дают своему обладателю, отмечается, что подавляющее большинство имеющихся моделей не способно предоставить возможность периферийного зрения, что обуславливает необходимость специальных тренировок для эффективного их применения.

2.6.2.4 Телевидение

Телевидение это своеобразный автомат, который дает человеку возмож-

ность видеть места, где его самого нет за счет удаления камеры, выступающей в данном случае в роли глаз, возможности передачи, сохранения изображения и воспроизведения его. Таким образом, датчиком выступает телекамера, а исполнительным устройством экран телевизора или монитора.

Особые возможности придает обработка изображений, мультипликация, которая уже сейчас настолько реальна, что заменяет многих артистов. В соединении с компьютером эти инструменты позволяют создавать зрительную виртуальную реальность.

2.6.3 Тактильные ощущения. Искусственная кожа

Тактильные ощущения, наверное, «древнейшее из чувств на земле. Копаясь на дне сумки в поисках телефона или ключей, мы легко можем определять предметы на ощупь, даже если они скрыты от нашего взгляда. Но даже для самых современных роботов это может стать неразрешимой проблемой. Чтобы понять, что попало в механические руки, требуется сложное программирование и серьёзные вычислительные мощности.

Сяодун Чень (Xiaodong Chen) и его коллеги из Наньянского технологического университета в Сингапуре разработали искусственную кожу с датчиками, запоминающими информацию о прикосновениях. Устройство воспроизводит работу тактильной памяти в головном мозге, которая сохраняет ощущения, переданные рецепторами кожи, после того как воздействие прекратилось.

Сенсоры помогут роботам быстро определять, какого рода объект взят рукой-манипулятором, и тут же рассчитывать силу захвата, чтобы не повредить хрупкий стакан или мягкий фрукт. Такой подход высвободит ресурсы процессора для выполнения других задач.

"Кожа" состоит из нескольких слоёв. Первый из них чувствителен к давлению и при физическом воздействии меняет электрическое сопротивление.» Следующий слой записывает эти изменения и хранит "воспоминания" о разных типах прикосновений на протяжении недели. (Впрочем, эти данные можно в

любой момент удалить, путём подачи напряжения.)

Стоит отметить, что это не первая разработка в области чувствительной искусственной кожи. Например, ранее команда корейских и американских учёных представила "умную кожу" для бионических протезов, пронизанную сетью сенсоров. А высокочувствительный робот BioTas, созданный инженерами из Калифорнии, определяет материал по текстуре лучше, чем это делает человек. Подробнее с результатами работы учёных из Сингапура можно познакомиться, прочитав статью, опубликованную в журнале *Advanced Materials*.

2.6.4 Электронный нос

Электронный нос — электронный прибор, предназначенный для определения запахов или привкусов.

За последнее десятилетие «электронные сенсорные» или «е-сенсорные» технологии претерпели серьёзное развитие с технической и коммерческой точек зрения. Термин «электронный сенсор» означает способность воспроизводить человеческие чувства при использовании сенсорных массивов и соответствующих систем распознавания. Начиная с 1982 года проводились исследования по развитию технологии электронного носа, которая могла бы обнаруживать и распознавать запахи и привкусы. Этапы процесса распознавания аналогичны человеческому обонянию: выполняется идентификация, сравнение, количественное определение и другие процессы, включая хранение и поиск данных. Однако гедонистические оценки специфичны только для человеческого носа, поскольку связаны с субъективным мнением. Эти устройства прошли серьёзное развитие и используются в промышленных целях.

Особую роль играет автоматизация при попытке передать запах на расстояние, например, сопровождать им телевизионные передачи. Естественно при этом появится возможность сохранения передачи, воспроизведения информации о запахах.

2.6.5 Микрофоны

Микрофоны изобретены довольно давно, но все управление сводилось к изменению их чувствительности. С появлением компьютера появилась возможность записывать, анализировать и синтезировать, распознавать звуки, что открыло огромные возможности во многих областях человеческой деятельности.

Сегодня даже глухота не приговор. Слух можно воссоздать и в тех случаях, когда человеку не помогает слуховой аппарат. Однако это пока очень дорогостоящая технология. Процессор, который принимает звук, преобразует его в волны и передает их в мозг через имплант (искусственный слуховой нерв) [51].

Другое направление, к которому привело появление микрофонов – запись, сохранение, передача звуков. Поскольку с помощью микрофона восприятие звуков отделяется от человека, то для обратного возврата нужны специальные устройства в виде динамиков, наушников, или имплантов, соединенных с нервной системой.

2.6.6 Искусственный интеллект

Технологизация интеллектуальных функций, связанных с обработкой, передачей и хранением информации, достаточно затронута в первой главе, поэтому здесь остановимся на управленческих моментах в искусственном интеллекте. Различные подходы в этом направлении связаны в первую очередь с классификацией систем искусственного интеллекта.

Классификацию систем искусственного интеллекта можно проводить по многим признакам: по методам, по связям с внешним миром, по масштабам и так далее. Выберем в качестве такого признака функциональное назначение системы искусственного интеллекта, тогда можно выделить семь классов систем – рисунок 54.

Автоматизированные информационные системы. Системы, связанные с

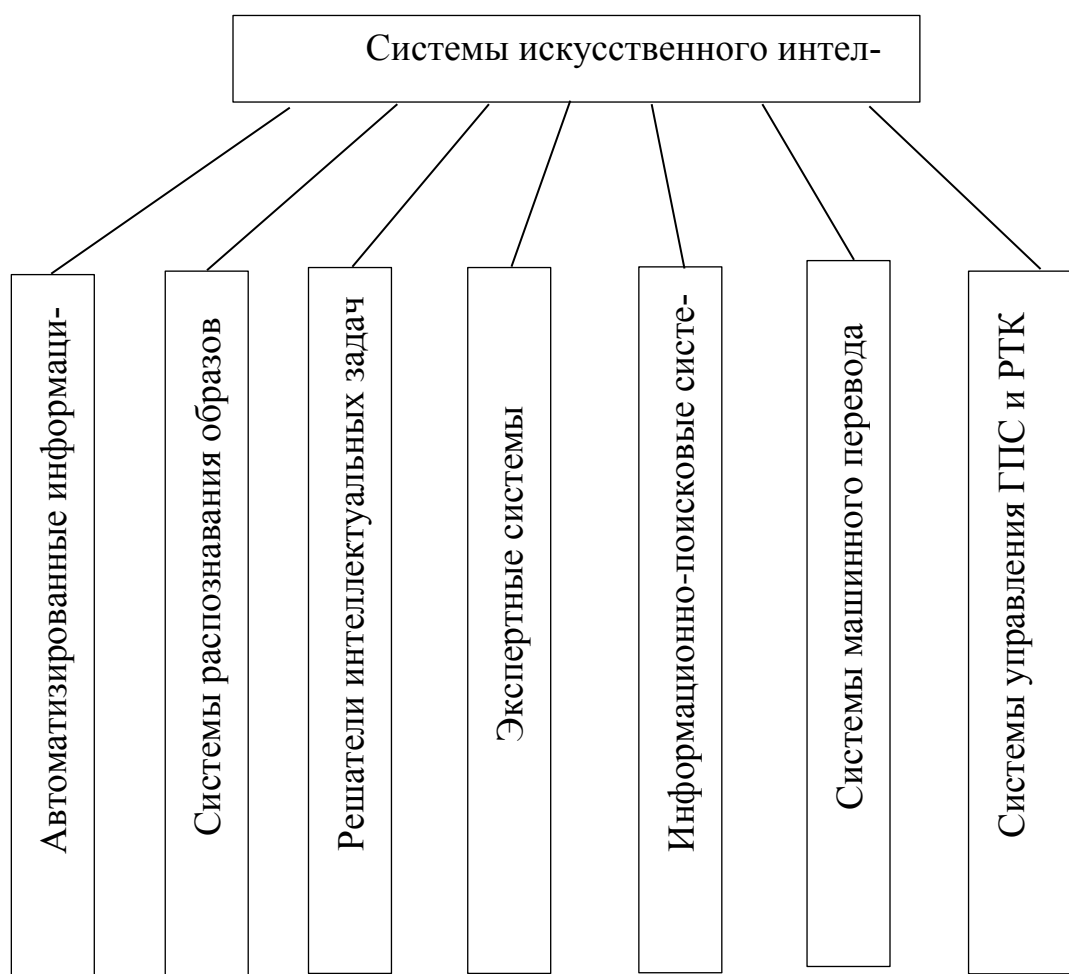


Рисунок 54 – Классификация систем искусственного интеллекта

обработкой, хранением, передачей информации. Интеллектуальные функции в таких системах связаны с поиском системных информационных взаимосвязей, соответствующая область науки получила название Data mining, или более узко Knowledge Discovery in Databases.

Системы распознавания образов. Системы, предназначенные для решения задач классификации. Проще всего провести классификацию воспользовавшись многомерным пространством признаков.

Решатели интеллектуальных задач. Основаны на аксиоматическом построении предметной области и доказательстве теорем. Активное развитие это направление получило с разработкой Дж. А. Робинсоном *принципа резолюций*. Резолюция – это *правило вывода*, говорящее о том, как одно высказывание мо-

жет быть получено из других. Используя принцип резолюций, можно полностью автоматически доказывать теоремы, выводя их из аксиом. Необходимо лишь решать, к каким из высказываний следует применять правило вывода, а правильные следствия из них будут строиться автоматически.

Экспертные системы. Основаны на знаниях экспертов – крупных специалистов в предметной области. Управленческая часть в этих системах связана с машиной логического вывода.

Информационно-поисковые системы. Предназначены для поиска необходимой информации. В противоположность системам, где информация получается вычислением или логикой в этих системах все сводится к поиску. Управленческая функция связана с уменьшением пространства поиска, для его ускорения, при одновременном сохранении релевантности – полноты и повторяемостью поиска.

Системы машинного перевода. Предназначены для перевода в первую очередь текстовой информации с одного естественного языка на другой. Используют морфологический, синтаксический и семантический анализ.

Системы управления гибкими производственными системами и робототехнологическими комплексами (ГПС и РТК). Предназначены для решения недетерминированных, слабоформализованных задач в производстве. Например, задач навигации транспортных средств по цеху, разбор деталей, пришедших «навалом» и др.

Кроме этой классификации важна и другая основанная на учете времени. По этому признаку различают статическую и динамическую системы искусственного интеллекта.

Типовая статическая ЭС состоит из следующих основных компонентов (рисунок 55):

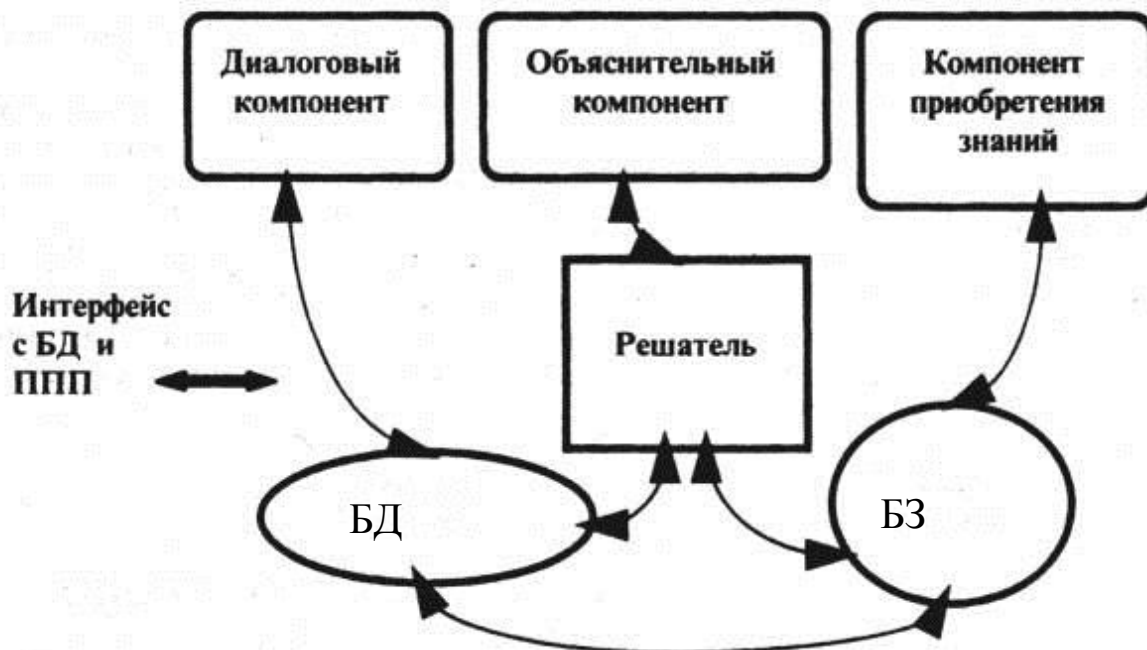


Рисунок 55 Структура статической ЭС - диалогового компонента

- решателя (интерпретатора);
- рабочей памяти (РП), называемой также базой данных (БД);
- базы знаний (БЗ);
- компонента приобретения знаний;
- объяснительного компонента;

База данных (рабочая память) используется как хранилище исходных и промежуточных данных, выполняемой в данный момент задачи. Терминология совпадает по названию, но не по смыслу с терминологией, используемой в информационно-поисковых системах (ИПС) и системах управления базами данных (СУБД) для обозначения всех данных, хранимых в системе.

База знаний (БЗ) разрабатывается для хранения долгосрочных данных, описывающих область экспертизы, и совокупности правил, по которым преобразуются данные в этой области.

Решатель, используя исходные данные из рабочей памяти и знания из базы знаний, формирует последовательность таких правил, которые, будучи при-

мененными к исходным данным, приводят к решению поставленной перед экспертной системой задачи.

Компонент приобретения знаний является помощником в процессе пополнения экспертной системы новыми знаниями, осуществляемом пользователем-экспертом

Объяснительный компонент предназначена для объяснения того, как система получила решение задачи (или почему она не получила решение) и какие знания она при этом использовала. Этот компонент облегчает эксперту тестирование готовой системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

Диалоговый компонент обеспечивает организацию дружественного общения с пользователем. Это дружелюбие должна распространяться как на процесс решения задач, так и на приобретение новых знаний, а так же на объяснения результатов работы.

Экспертная система работает в двух режимах: режиме приобретения знаний и в режиме решения задачи (называемом также режимом консультации или режимом использования ЭС).

В режиме приобретения знаний общение на начальном этапе осуществляется между когнитологом и экспертом. Когнитолог с помощью наводящих вопросов помогает эксперту выявить и правильно сформулировать скрытые правила и принципы, которые использует эксперт в своей профессиональной деятельности. Затем когнитолог работает с программистом. Если же экспертная система уже имеет компоненту пополнения знаний, то эксперт осуществляет общение с ЭС через посредничество инженера по знаниям. В этом режиме эксперт, используя компонент приобретения знаний, наполняет систему знаниями, которые позволяют ЭС в режиме самостоятельного решения (без эксперта) находить решение задач из проблемной области. Эксперт вместе с когнитологом составляют для данной проблемной области совокупность данных и правил. Данные определяют объекты, их характеристики и значения, существующие в области экспертизы. Правила задают способы манипулирования с дан-

ными, характерные для рассматриваемой области.

Режим приобретения знаний, в традиционном подходе к разработке программ, аналогичен этапам алгоритмизации программирования и отладки программы, выполняемых программистом. Получается, что в отличие от традиционного подхода в случае создания экспертной системы разработку алгоритма и отладку программ осуществляет не программист, а эксперт с когнитологом (с помощью экспертной системы), не владеющие программированием.

В режиме консультации общение с экспертной системой осуществляет пользователь, которого интересует результат и логика его получения. При этом возможны варианты. Пользователь может и не быть специалистом в данной проблемной области (в этом случае он обращается к экспертной системе за результатом, не умея получить его сам), или быть специалистом (в этом случае пользователь может сам получить результат, но он обращается к экспертной системе для ускорения процесса получения результата, либо для перекладывания на экспертную систему рутинной работы).

В режиме консультации данные о задаче поставленной пользователем после обработки их диалоговым компонентом поступают в рабочую память. Решатель пользуясь этими данными из рабочей памяти, а так же общими данными о проблемной области и правилами из БЗ проводит решение задачи. Если полученное экспертной системой решение непонятно пользователю, то он может потребовать объяснения логики вывода.

Структура, приведенная на рисунке 49, образует *структуру статической экспертной системы*. Системы данного типа используются в тех приложениях, где можно пренебречь изменениями окружающего мира, происходящими за время решения задачи.

Первые ЭС, оказавшиеся все же полезными на практике, все были статическими.

С другой стороны, существует огромный класс приложений, в которых требуется учитывать динамику, т. е. изменения, происходящие в окружающем мире за время исполнения приложения весьма существенны и могут изменить логику

вывода принимаемого решения. На рисунке 56 показано, что в архитектуре динамической экспертной системы отличается от статической двумя компонентами: подсистемой моделирования внешнего мира и подсистемой связи с внешним окружением. Последняя образует интерфейс с внешним миром через систему датчиков и контроллеров. Традиционные же компоненты статической экспертной системы (база знаний и машина вывода) существенно изменяются

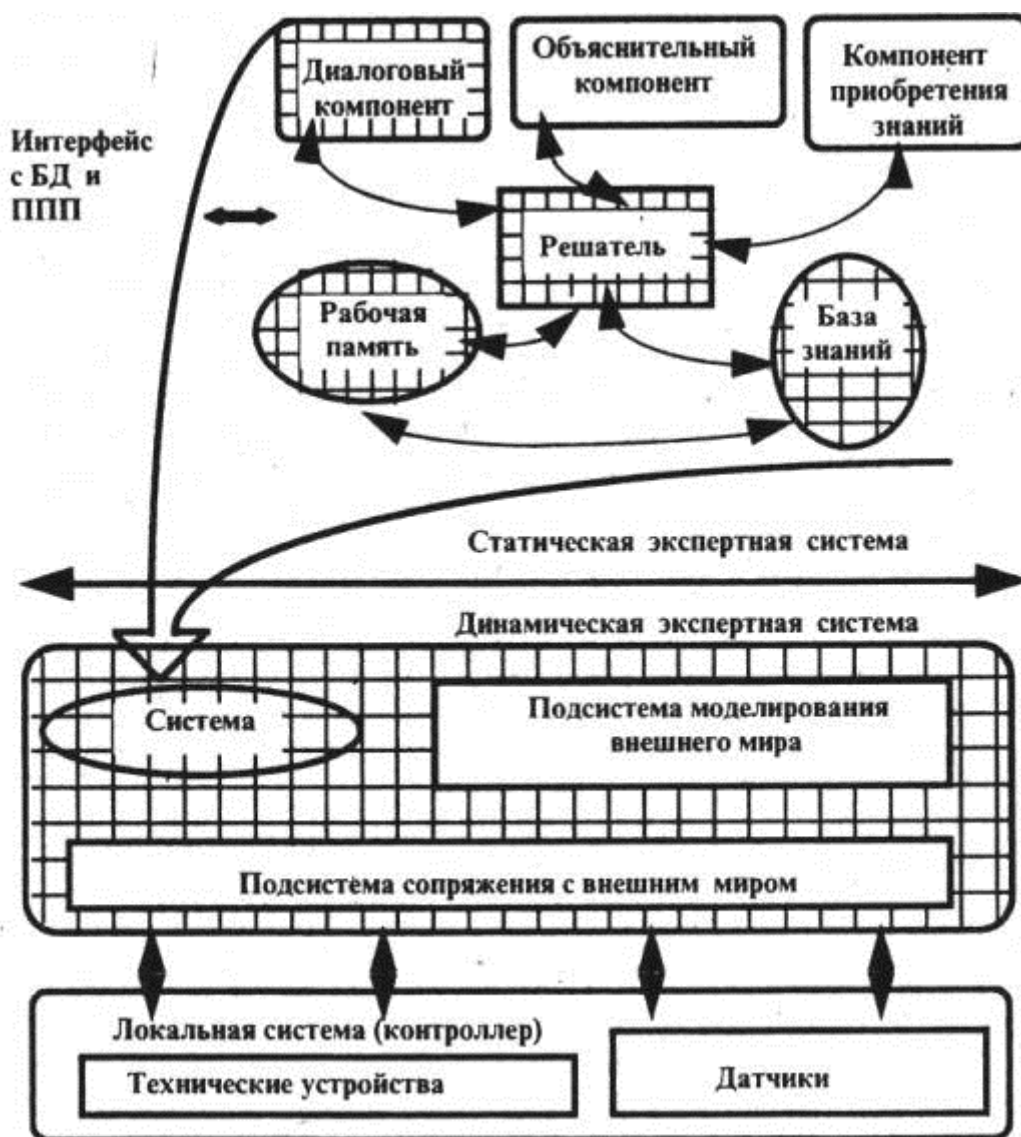


Рисунок 56 – Структура динамической экспертной системы

для отражения временной логики происходящих в реальном мире событий.

В основе динамической системы, так же как и статической, лежат объектно-ориентированная база знаний (ОО-технология БЗ) и механизм вывода, способный оперировать с правилами, но в этих правилах явным образом отражен

время. Во внутреннем кольце структуры динамической экспертной системы расположены компоненты, обеспечивающие моделирование объектов и событий, анимацию (при необходимости), активную графику, механизм общих правил и т.д. Во внешнем кольце отражены технологии и требования, обязательные в современных информационных системах и используемые для создания экспертных систем.

В настоящее время развитие систем искусственного интеллекта происходит больше масштабно. Так внедрение сетевых технологий в домашний обиход приводит к понятию «умный дом». Это концепция позволяет не только оптимизировать расход электроэнергии или воды, следить за поддержанием комфортного микроклимата в помещениях дома или обеспечивать безопасность, но и производить это удаленно через сеть Интернет через защищенный VPN-канал.[10]

Классификация моделей представления знаний представлена на рисунке 57. Все методы представления разделены на два больших класса: классические, моделирующие мышление человека и эвристические, механизм работы которых не вполне ясен, но базируется на удачных находках – эвристиках.

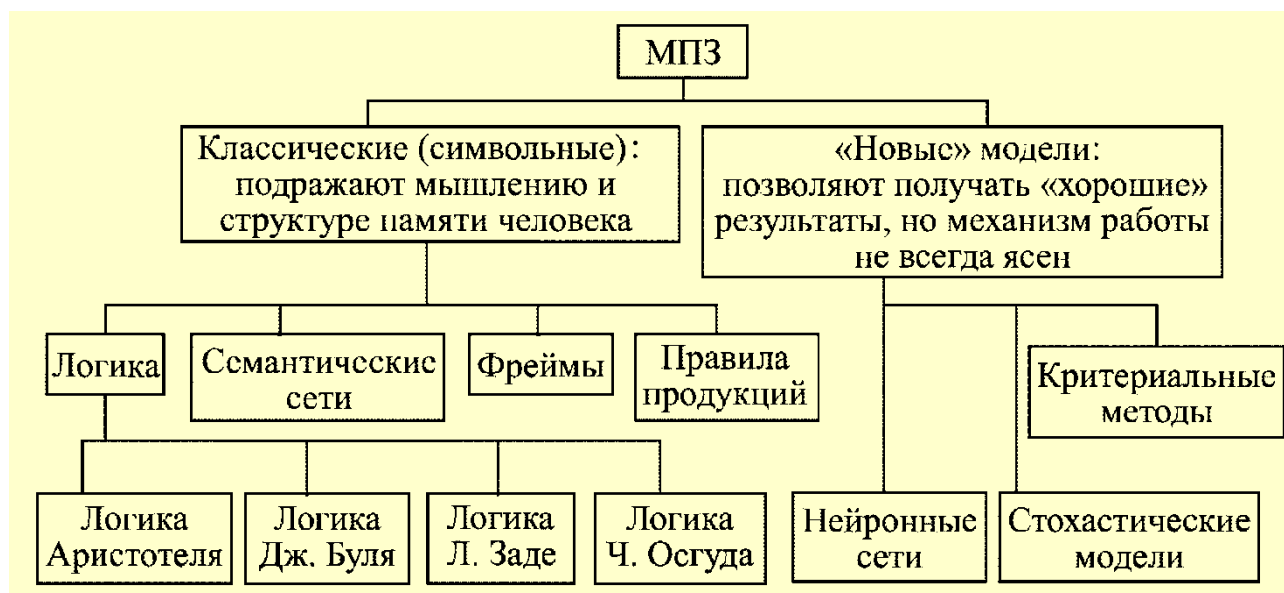


Рисунок 57 – Классификация методов представления знаний

К первому классу, как видим из слайда, отнесены логические, продукционные фреймовые модели и семантические сети. Второй класс представлен тремя моделями: нейронными сетями (подобно перцептрон), стохастическими (вероятностные, имитационные модели) и критериальными (рассмотрение задач в пространстве многих критериев) методами. Дополнительно к этому классу относятся: модель представления знаний в виде доски объявлений; модель представления знаний в виде сценария; эволюционная и гибридная модели.

Модель в виде доски объявлений по английски блэк боард делит память компьютера на несколько ячеек, в каждой из которых создаются свои условия и решается одна и та же задача, через определенное количество шагов проводится селекция – выбираются лучшие решения и вывод продолжается дальше. Вывод на модели сценария осуществляется построением дерева решений с разработкой алгоритмов ответа при различных сценариях развития событий

Эволюционные механизмы, хотя логика их действия так же неясна все же довольно надежно работают – напомним пример с простейшими ногами из палочек на мониторе компьютера, задача которых научиться ходить. Выбирая каждый раз те варианты алгоритмов, которые показывают лучшие результаты и размножая их, мы уже через 20 поколений получаем походку близкую к человеческой. Гибридные системы сочетают например, фреймовые системы с продукционными, логику с семантической сетью.

Конечно, любая модель представления знаний имеет преимущества и недостатки. Некоторые из них представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Недостатки моделей представления знаний

Модель	Достоинства	Недостатки
Продукции	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модульность 2. Независимость 3. Простота модификации правил 4. Отделение предметных правил от управляющих 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие внутренней структуры 2. Зависимость шагов от стратегии вывода
Семантические сети	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность представления ограничений 139 2. Наличие внутренней структуры 3. Определение 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нет средств определения зависимости от времени 2. Произвольность структуры

2.6.7 Киборги

Как видим, недостатки в основном связаны с отсутствием или жесткостью структуры. Кроме того, у каждого метода есть специфические недостатки: у продукций – это зависимость шагов от стратегии вывода и, следовательно, при изменении стратегии можно получать разные результаты, у семантических сетей – это отсутствие средств представления времени, наконец, у фреймов – трудность построения и модификации модулей.

Киборг – это сокращение от слов кибернетический организм, то есть машинно-человеческий гибрид. В этом направлении хорошо просматривается предел автоматизации, когда от биологии останется только человеческий мозг.

Все остальные органы будут заменены автоматами, примерно так же как в гидропонике – выращивании растений без земли в питательном растворе. Уже создано, например, сердце в виде шнекового насоса, которое обеспечивает непрерывную перекачку крови в организме. Естественно у человека с таким органом отсутствует сердцебиение. Есть технические устройства, выполняющие функцию почек, легких, печени.

2.6.8 Робототехника

Роботы являются таким же универсальным средством автоматизации, как компьютер – универсальной системой управления. Робототехника развивается во многих направлениях и прежде всего в промышленности. На рисунке 58 представлены промышленные роботы, обслуживающие технологическое оборудование

В Японии ученые проводят опыты с роботами очень похожими на человека, способными общаться с ним (см. рисунок 59). При этом возникает масса психологических проблем. Изготавливают так же роботов-детей, требующих постоянного ухода, а так же роботов-животных.

Другим направлением развития робототехники являются микро- и даже нанороботы и, если у микророботов уже имеются движители в виде пьезокерамики или магнитострикционных материалов, то у нанороботов этот вопрос еще недостаточно проработан.



Рисунок 58 – Промышленные роботы



Рисунок 59 – Робот-андроид

Интенсивно развивается индустрия космических роботов, поскольку не все технологии сохранения безопасной жизни человека в дальнем космосе разработаны, и человек еще не может исследовать далекий космос.

2.6.9 Транспорт

С точки зрения автоматизации, любой транспорт является автоматом, усиливающим человеческие возможности при перемещении по земле, в воде или по воздуху. Соответственно технологическая часть будет включать корпус, двигатель, трансмиссию и средство отталкивания от среды: колеса, гребной винт либо водомет, пропеллер либо турбину. Управление будет разделено на два вида, которые можно определить как внутреннее и внешнее.

Внутреннее управление отвечает за работу движителя, за создание комфортных условий транспортируемому человеку.

Для внешнего управления применяются данные как навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, так и данные получаемые со специальных датчиков - лидаров (LIDAR англ. *Light Identification Detection and Ranging*-обнаружение, идентификация и определение дальности с помощью света). В настоящее время такие технологии как автопарковка и автопилот поставлены в автомобилестроении на поток.

2.6.10 Самовосстанавливающиеся и самовоспроизводящиеся системы

Самовосстановление техники требует наличия надежных диагностических алгоритмов, позволяющих определить отказавший узел, деталь и определить технологию ремонта. Далее для ремонта нужны будут инструменты, приспособления и новые детали на замену, то есть необходима развитая инфраструктура снабжения инструментами, запасными частями и материалами. Кроме того, для самого ремонта будут опять-таки нужны особые алгоритмы.

Если же не все детали конструкции системы могут быть доступны, система должна научиться сама их изготавливать. То есть должно быть в наличие

все необходимое для производства. Справедливости ради необходимо сказать, что в последнее время появилось устройство, снимающее многие из перечисленных проблем – 3D – принтер, позволяющий напечатать практически любую деталь. Однако к нему так же нужны расходные материалы.

Как только система сможет сама изготавливать весь комплект деталей, из которых она состоит, она сделает реальные шаги к самовоспроизведению [52]. При разработке соответствующих алгоритмов, вырабатывающих критерии совершенствования, в этом воспроизводстве станет возможным прогресс в процессе самовоспроизведения.

Отдельное исследование необходимо посвятить самовоспроизводящимся компьютерным программам, на примере которых очень ярко обнаруживаются все отрицательные последствия самовоспроизведения. Борьба с вирусами очевидно должна проводиться средствами и технологиями самовоспроизведения.

Надо отметить, что теория самовоспроизведения систем молодая, но быстроразвивающаяся наука. И зачастую практика обгоняет ее, создавая различные эвристические алгоритмы и технологии, являющиеся новыми реперными точками для дальнейшего развития теории.

Вместо заключения

Конечно, здесь должны последовать заключительные моменты проведенного исследования, однако, это исследование не имеет конечной точки и должно продолжаться непрерывно, поскольку технологизация и проведенная за ней автоматизация должны только увеличивать свой вклад и свое влияние при создании современной техники. Современные технологии и средства автоматизации являются основой прогресса цивилизации, который рано или поздно дойдет до уровня самовосстанавливающихся и даже самовоспроизводящихся систем. Главное при этом, чтобы все нити управления этими процессами оставались в руках человечества.

Список использованных источников

1. ГОСТ 23004-78. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. М.: Издательство стандартов. – 1978. – 29 с.
2. Теория автоматического управления. Ч.I Теория линейных систем автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1986. – 367 с.
3. Пищухин, А.М. Автоматизация и технологизация -два аспекта технического оснащения производства / А.М. Пищухин, Г.Ф. Ахмедьянова // Вестник ОГУ. – 2015. – № 9 (184). – С. 33-36.
4. Евсюков, В.Н., Пищухин А.М. Системность процесса управления: учебное пособие / В.Н. Евсюков, А.М. Пищухин Оренбург: ОГУ, 2000. – 64 с.
5. Ахмедьянова, Г.Ф. Инженерное образование: проектирование образовательного маршрута по принципу от творчества к технологии / Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 2. – С. 177.
6. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт.
7. Москалева, О. Г. Методика выявления оптимальной ритмичности процесса производства продукции / О. Г. Москалева, А. М. Пищухин // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 12. – С. 87-88.
8. Модульные технологии обучения. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://psylist.net/pedagogika/00154.htm> (Дата обращения 08.11.2018).
9. Кашевский, В.А. Пехотное оружие Второй Мировой войны. / В.А. Кашевский - Минск, ООО «Хапвест», 2004. – с. 200-202
10. Юревич, Е.И. Основы проектирования техники: учеб. пособие. / Е.И. Юревич – СПб., 2012, – 135 с.
11. Batischev, V.I. System of computer vision for cold-rolled metal quality control / V.L. Batischev, M.I. Kuzmin, A.M. Pischukhin, N.A. Solovyov // International Review of Automatic Control. – 2016. – Т. 9. – № 4. – С. 259-263.

12. Стетюха, Е.И. Техника и технология бурения скважин на гибких бурильных трубах (шланго-кабельное бурение) [Текст]. - Москва: ВИЭМС, 1979. – 71 с. : ил.; 20 см. - (Техника и технология геолого-разведочных работ, организация производства : Обзорная информация / ВНИИ экономики минер. сырья и геол.-развед. работ).

13. Пищухин, А.М. Способ бурения и устройство для его осуществления / А.М. Пищухин, С.И. Провоторов, Г.Ф. Ахмедьянова. - Положительное решение о выдаче патента РФ от 25.02.2015, заявка №2013139725/03, опубл. 10.03.2015.

14. Пищухин, А.М. Совершенствование технологии шланго-кабельного бурения. /А.М. Пищухин, Т.А. Пищухина // Бурение и нефть, 2015 – №11. – с.46-47.

15. Пищухин, А.М. Информационно-измерительная система классификации дефектов ткани. / А.М. Пищухин /Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Самара, 1996. – 18 с.

16. Пищухин, А.М. Устройство для обнаружения дефектов поверхности движущегося гибкого материала / А.М. Пищухин, Т.И. Коршунова, О.А. Пищухина / Патент РФ на изобретение RUS 2417366, опубликовано 27.04.2011, Бюл. № 12.

17. Ajay Kumar. Computer Vision-based Fabric Defect Detection: A Survey // Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume: 55 , Issue: 1 Page(s): 348 – 363. DOI: 10.1109/ TIE.1930. 896476

18. Padmavathi S., Prem P., Praveenn D. Locating Fabric Defects Using Gabor Filters // International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET) Volume 2.- Issue 8. – November 2013. – pp 472-478.

19. Коршунова, Т.И. Контроль качества ткани с плотняным переплетением / Т.И. Коршунова, А.М. Пищухин, О.А. Пищухина // Контроль. Диагностика, 2012. – №1. – с. 62-66

20. Шевеленко, В.Д. Фильтрация измерительных сигналов формированием ортогонализирующих полиномов / В.Д., Шевеленко, В.И. Кутузов, А.Т. Раимова // Электромагнитные волны и электронные системы, 2001. – №2-3. –

21. Пищухин, А.М. Выбор значений непрерывных признаков для классификации объектов при контроле качества ткани /А.М. Пищухин, Т.И. Коршунова // Контроль. Диагностика, 2000. – №5. – с. 7-8.

22. Горелик, А.Л. Современное состояние проблемы распознавания: некоторые аспекты / А.Л. Горелик, И.Б. Гуревич, В.А. Скрипкин – М.: Радио и связь, 1985. – 160 с.

23. Пищухин, А.М. Способ контроля процесса лечения близорукости и устройство для его реализации / А.М. Пищухин, Л.К. Мошетова, С.В. Нотова Патент РФ 2200454 Опубликовано: 20.03.2003 Бюл. № 8.

24. Борисов, М. Космический «фуникулер» //Вокруг света, №1 (2796) Режим доступа: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/2989/> (18.10.2018)

25. Pishchukhin, A.M. Algorithms for synthesizing management solutions based on olap-technologies / А.М. Pishchukhin, G.F. Akhmedyanova / В сборнике: Journal of Physics: Conference Series Сер. "International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018 - Enterprise Information Systems" 2018. – С. 042001.

26. Pishchukhin, A. Multidimensional analysis of monitoring and diagnostic information on the technological process / А. Pishchukhin A, G. Akhmedyanova // МАТЕС Web of Conferences, 2018. – Vol. 224. – 7 с.

27. Пищухин, А.М. Автоматизация на основе мультиструктурных систем. / А.М. Пищухин – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2001. – 260 с.

28. Липс, Ю. 'Происхождение вещей' - Москва: Иностранная литература, 1954 – 490 с.

29. Pishchukhin, A. Metasystem approach to increase the load factor fms / А. Pishchukhin // В сборнике: МАТЕС Web of Conferences Сер. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, IC-MTMTE 2017" 2017. – С. 04003.

30. Пищухин, А. М. Метасистемная взаимосвязь автоматизированных рабочих мест при управлении предприятием /А.М. Пищухин, Г.Ф. Ахмедьянова //

Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации : сб. материалов Междунар. науч. конф., посвящ. 60-лет. Оренбург. гос. ун-та, / - Оренбург: Университет, 2015. – С. 235-239.

31. Ahmedyanova G. Simulator as a tool of training to modern equipment management. / G. Ahmedyanova / В сборнике: MATEC Web of Conferences Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017" 2017. – С. 06019.

32. Абдеев, Р.Ф. Философия информационной цивилизации. / Р.Ф. Абдеев – М.: ВЛАДОС, 1994. – 336 с.

33. Теория инвариантности и комбинированное управление. Электронный ресурс . Режим доступа: <http://www.tehnoinfo.ru/teorijasistempravlenija/50.html> (дата обращения 08.11.2018).

34. Вахитова, Р.Х., Оптимальное управление запасами ремонтных ресурсов на складе на основе прогнозной модели / Р.Х. Вахитова, А.М. Пищухин // Наука и образование: новое время. 2018. – № 3 (26). – С. 673-678.

35. Ахмедьянова, Г. Ф. Метасистемная задача управления готовностью технических средств к функционированию / Г.Ф. Ахмедьянова, Т.А. Пищухина, А.М. Пищухин // Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – № 5. – С. 161-164.

36. Ахмедьянова, Г. Ф. Оптимальное распределение управляющих ресурсов в организационно-технической системе [Электронный ресурс] / Г.Ф. Ахмедьянова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 7. – С. 81-84. - 4 с.

37. Пищухин, А. М. Ступенчатое адаптивное управление с эталонной моделью / А. М. Пищухин, Г. Ф. Ахмедьянова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2017. – Т. 19, № 1. – С. 157-161..

38. Ахмедьянова, Г. Ф. Целенаправленная адаптивная система в образовательном процессе / Г.Ф. Ахмедьянова // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук, 2016. – Т. 18, – № 4-1. – С. 175-180.

39. Воронов, А.А. Теория автоматического управления /А.А. Воронов,

Д.П. Ким, В.М. Лохин и др. Ч.2 – М.: Высш. шк., 1986. – 504 с.

40. Мелихова, О.А. Некоторые аспекты теории гомоморфизмов множеств / О.А. Мелихова // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2016. – № 2 (26). - Режим доступа: <http://digital-mag.tti.sfedu.ru> (дата обращения: 16.01.2017)

41. Мелихова, О.А. Нейронные сети как составная часть систем искусственного интеллекта / О.А. Мелихова // ИВТ и ИО [Электронный ресурс]. – 2015. – № 1 (21). – Режим доступа: <http://digital-mag.tti.sfedu.ru>.

42. Мелихова, О.А. Приложение матлогики к проблемам моделирования / О.А. Мелихова // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 4 (165). – С. 204-214.

43. Пищухин, А.М. Согласованность составляющих системы и методы ее достижения / А.М. Пищухин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 1999. – № 1. – С. 87-90.

44. Пищухин, А.М. Управление предприятием на основе прогноза в ассортиментном пространстве / А.М. Пищухин // Экономика региона. – 2017. – Т. 13. – № 1. – С. 216-225.

45. Akimov S. Multidimensional model for estimating the error in the diagnosis of the organism elemental status / S. Akimov, P.Vedeneev, A. Pishchukhin // International Review of Automatic Control. 2018. – Т. 11. – № 4. – С. 198-202.

46. Цомаева, И.В. Управление серийным и мелкосерийным производством в условиях неопределенности / И.В. Цомаева // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2014. – Т. 14, – №1. – С. 117-124.

47. Сухов, С.В. Системный подход к управлению коммерческим предприятием // Менеджмент в России и за рубежом №6 2001 Режим доступа: <https://www.cfin.ru/press/management/2001-6/04.shtml>

48. Ахмедьянова, Г.Ф., Пищухин А.М., Пищухина Т.А. Исследование алгоритмов управления абстрактным объектом / Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин, Т.А. Пищухина // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 4. – С. 34 -

38.

49. Kolassa, S. Evaluating predictive count data distributions in retail sales forecasting // *International Journal of Forecasting*. – 2016. – Vol. 32, – №3. – P. 788-803.

50. Пищухин, А.М. Оптимальные методы построения и управления мультиструктурными системами автоматизации технологических процессов и производств на основе вероятностных критериев качества. // Дис.... д-ра техн. наук. Оренбург, 2001, – 355 с.

51. Имплант может прослужить 20 лет. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://fakty.ua/68287-chetyrehletnej-kievlyanke-nemeckie-specialisty-sozdali-iskusstvennyj-sluh>

52. Чадеев В.М., Аристова Н.И. Самовоспроизведение механических роботов.-М.: СИНТЕГ, 2012.-312 с.