

**ГЛАВНЫЙ НАУЧНО- МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГЧЕСКИХ И УПРАВЛЕНЧЕСКИХ  
КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ МИНСТЕРСТВЕ  
ВЫСШЕГО СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**“УТВЕРЖДАЮ”**

Директор отраслевого центра  
переподготовки и повышения  
кваллификации педагогических  
кадров при ТГТУ Н.Э.Авезов

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2015 год.

**УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО МОДУЛЮ  
«ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ»**

**Разработал: акад. д.т.н. проф. Юсупбеков Н.Р.**

## ОГЛАВЛЕНИЯ

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА .....	3
КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ.....	9
1-ТЕМА: БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	9
2-ТЕМА: РОБОТОТЕХНИКА И РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.....	14
3-ТЕМА: ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМИНЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ. ....	21
4-ТЕМА: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕХАТРОНИКИ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ. ....	28
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗАНЯТИЕ .....	35
1 – ТЕМА: ЗНАКОМСТВО С МАТЕМАТИЧЕСКИМ ПАКЕТОМ МАТНСАД. ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ (4 ЧАСА)..	35
2 – ТЕМА: ПРОГРАММИРОВАНИЕ В МАТНСАД» (4 ЧАСА).....	43

## **УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ МОДУЛЯ**

**“Искусственный интеллект и принятие решения”:** Сформировать у слушателя навыки экономического мышления, направленного на анализ функционирования подразделений систем управления государственными, акционерными и частными фирмами, научно-производственными, научными и проектными организациями, органов государственного управления в целях рационального управления экономикой, производством и социальным развитием.

### **“Искусственный интеллект и принятие решения” задание модуля:**

- “Искусственный интеллект и принятие решения” ознакомление с актуальными проблемами специализации направления и их решениями;
- В результате освоения дисциплины слушатели должны знать: особенности анализа и обобщения экономических, социальных и организационных показателей, характеризующих состояние производства и управления; современное состояние научного знания об управлении и ведении хозяйства; новые методы и приёмы управления, позволяющие достигать организации эффективных результатов.
- В результате освоения дисциплины слушатели должны уметь: организовать и провести исследование социально-экономической обстановки, конкретных форм управления; разрабатывать варианты эффективных управленческих решений и обосновывать их; применять нужные методы проектирования систем управления.

### **КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ».**

**Ожидаемые результаты:** Слушатели в результате освоения модуля “Искусственный интеллект и принятие решения” приобретут следующие знания, компетенции, навыки и опыт работы:

#### **Слушатель:**

В результате изучения дисциплины “Искусственный интеллект и принятие решений” в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности, должен обладать следующими компетенциями:

##### *Общекультурными компетенциями:*

- способностью применять знания на практике;
- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии;
- фундаментальной подготовкой по основам профессиональных знаний и готовностью к использованию их в профессиональной деятельности; навыками работы с компьютером;
- базовыми знаниями в областях информатики и современных информационных технологий, навыки использования программных средств и навыки работы в компьютерных сетях, умение создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет;
- способностью к анализу и синтезу;

##### *Профессиональными компетенциями:*

- умением понять поставленную задачу; умением формулировать результат;
- умением на основе анализа увидеть и корректно сформулировать результат;
- умением самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата;
- умением грамотно пользоваться языком предметной области;
- умением ориентироваться в постановках задач;

- слушатели по итогам изучения дисциплины “**Искусственный интеллект и принятие решения**” приобретут **знания** составления электронных учебно-методических баз данных.

**Слушатель:**

В результате освоения материала учебной дисциплины «Искусственный интеллект и принятие решений» слушатель должен знать:

- сущность основных понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- основные формулировки понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- основные методы теории нечётких множеств и нечёткого моделирования.

уметь:

- самостоятельно использовать теоретические и практические знания для решения задач различных типов и различных уровней сложности, как в рамках изучаемой дисциплины, так и в других дисциплинах, использующих материалы данной дисциплины;
- анализировать полученные результаты.

владеть:

- символикой изучаемой дисциплины;
- терминологией изучаемой дисциплины;
- навыками практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности;
- навыками научного творчества.
- **Навыки** изучения модуля Искусственный интеллект и принятие решения.

**Слушатель**

В процессе обучения дисциплинам направления “**Искусственный интеллект и принятие решения**” овладеет следующими **навыками**:

- пользования и применения на практике компьютерных и коммуникационных технологий;
- создания показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий их применения на практике;
- создания и использования электронной учебно-методической базы по данному модулю дисциплин.

**СВЯЗЬ МОДУЛЯ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ УЧЕБНОГО ПЛАНА**

Содержание модуля непосредственно связано с другими блоками учебного плана и служит для решения вопросов внедрения в педагогическую деятельность проблематики и задач отрасли искусственного интеллекта и принятия решений, а также служит для объединения учебного процесса и производства путем внедрения новой техники и технологий данной отрасли.

**РОЛЬ МОДУЛЯ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Происходящие коренные изменения в системе образования, особенно научно-техническое развитие определяет роль модуля “**Искусственный интеллект и принятие решения**” в системе высшего образования.

Организация эффективного и плодотворного образования путем создания новых инновационных технологий обучения дисциплин направления модуля “**Искусственный интеллект и принятие решения**” и их применения в системе образования помогает системно увеличить качество образования. Отдельное внимание обосновывается формированием знаний, умений и навыков применения современных информационных

технологий и педагогических программных средств, информационно-коммуникационных технологий в процессе учебно-воспитательной деятельности.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ ПО ЕДИНИЦЕ МОДУЛЯ: 22 часа**

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Аудиторная учебная нагрузка					
		Общие	Итого	Из них:			Самостоятельная работа
теоритические	практические			Внеаудиторное			
1	Базовые понятия искусственного интеллекта	2	2	2			
2	Робототехника и роль искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов	2	2	2			
3	Особенности проектирования мехатронных систем и проблемы применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов	2	2	2			
4	Основные принципы мехатроники и оптимизация синтеза автоматизированных систем управления.	2	2	2			
5	Знакомство с математическим пакетом MathCAD. Выполнение простейших вычислений	4	4		4		
6	Программирование в MathCAD	4	4		4		
7	<b>Внеаудиторное занятия:</b>	6	6			6	
<b>Общие</b>		<b>22</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>0</b>

**СМЫСЛ ЕДИНИЦЫ МОДУЛЯ**

**Теоритический смысл**

**1-Тема:** Базовые понятия искусственного интеллекта.

**План:**

1. Информационные революции в истории человечества. Мышление и интеллект.
2. Определения ИИ. Основное определение ИИ. Области применения ИИ
3. Функциональная структура СИУ
4. Нечёткая логика. Запись нечеткого множества
5. Основные характеристики нечётких множеств.

Искусственный интеллект и принятие решения. Роль Искусственного интеллекта и принятия решение в автоматизации производственных процессов. Формы и виды искусственного интеллекта.

**2-Тема:** Робототехника и роль искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов.

**План:**

1. История. Общие принципы роботизации.
2. Промышленная робототехника.
3. Законы робототехники.
4. Традиционные области применения. Перспективные области применения. Области отдалённой перспективы
5. Измерительные технологии. Искусственный интеллект

Роль искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов. Возможности реализации достижения информационных технологии в управлении производственными процессами.

**3-Тема:** Особенности проектирования мехатронных систем и проблемы применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов

**План:**

1. Объекты мехатроники.
2. Особенности проектирования робототехнических систем.
3. Общая последовательность этапов проектирования робота применительно к промышленным роботам (ПР).
4. Разработка технического предложения. Мехатронное техническое оборудование.

Проблемы применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов.

**4-Тема:** Основные принципы мехатроники и оптимизация синтеза автоматизированных систем управления.

**План:**

1. Основные принципы мехатроники.
2. Структура и принципы интеграции мехатронной системы.
3. Блок-схема традиционной машины с компьютерным управлением.

Оптимизация и синтез автоматизированных систем управления. Программное и математическое обеспечение интеллектуализированных систем управления. Проектирование цифровых систем управления сложными технологическими процессами.

### **Темы практических занятий**

1. **Тема:** Знакомство с математическим пакетом MathCAD. Выполнение простейших вычислений» (4 часа)

**Цель работы.** Ознакомиться и получить навыки выполнения простейших вычислений в пакете MathCad.

2. **Тема:** «Программирование в MathCAD» (4 соат)

**Цель работы.** Приобрести навыки программирования в математическом пакете MathCAD.

### **Внеаудиторные занятия**

Знакомство слушателей с разработками фирм Узбекистана в области систем искусственного интеллекта и принятия решений:

ООО «Химавтоматика» (2 часа),  
ГАК «Uzprommashimpex» (2 часа),  
Агентство по Интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (2 часа).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.А.Каримов. Озод ва обод Ватан эркин ва фаровон хаёт пировард мақсадимиз, 8-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2000.
2. И.А.Каримов. Ватан равнаки учун ҳар биримиз масъулмиз, 9-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2001.
3. И.А.Каримов. Юксак маънавият – энгилмас куч. Т.: “Маънавият”. –Т.: 2008.-176 б.
4. И.А.Каримов. Ўзбекистон мустақилликка эришиш остонасида. Т.: “Ўзбекистон”. –Т.: 2011.-440 б.
5. И.А.Каримов. Биз келажагимизни ўз қўлимиз билан кураимиз, 7-жилд. – Т.: Ўзбекистон, 1999.
6. И.А.Каримов. Оллоҳ қалбимизда, юрагимизда. – Т.: “Ўзбекистон”, 1996.
7. И.А.Каримов. Озод ва обод Ватан эркин ва фаровон хаёт пировард мақсадимиз, 8-жилд. – Т.: “Ўзбекистон”, 2000.
8. И.А.Каримов. Миллий истиқлол: мафкура – халқ эътиқоди ва буюк келажакка ишончдир. – Т.: “Ўзбекистон”, 2000.
9. И.А.Каримов. Истиқлол ва маънавият. – Т.: “Ўзбекистон”, 1994.
10. И.А.Каримов. Тарихий хотирасиз келажак йўқ. – Т.: “Шарқ”, 1998.
11. И.А.Каримов. Юксак маънавият – энгилмас куч. Т.: “Маънавият”. –13. Т.: 2008.-176 б.
12. И.А.Каримов. Ўзбекистон мустақилликка эришиш остонасида. Т.: “Ўзбекистон”. –Т.: 2011.-440 б.
13. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.
14. Азизходжаева Н.Н. Педагогик технологиялар ва педагогик маҳорат. – Т.: “Молия”, 2003. – 192 б.
15. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари.- Т.; 2000. – 218 б.
16. Баркалов С.А. Системный анализ и принятие решений.– “Воронеж”: НПСЦВГУ,2010. 662с.
17. DUET-Development of Uzbekistan English Teachers- 2-том. CD ва DVD материаллари, Т. 2008.
18. Michael McCarthy “English Vocabulary in use”. Cambridge University Press, 1999, Presented by British Council.
19. Исмаилов А.А, Жалалов Ж.Ж, Саттаров Т.К, Ибрагимходжаев И.И. Инглиз тили амалий курсидан ўқув-услубий мажмуа. Basic User/ Breakthrough Level A1/-Т.: 2011. – 182 б.
20. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Таълимда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2008. – 180 б.
21. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Тарбияда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2009. – 160 б.
22. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. Учебное пособие.М.: Изд. МГТУ им. Н.Баумана.2002.-336с.
23. Симонович СВ., Евсеев Г.А., Мураховский В.И. WINDOWS: лаборатория мастера: Практическое руководство по эффективным приемам работы с компьютером - М.: АСТ-ПРЕСС: «Информком-Пресс», 2000. - 656 с.

24. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. Учебное пособие.– Санкт-Петербург: Издательский дом «Бизнес-пресса»,2000.–17с.
25. Зеер Э.Ф., Шахматова Н. Личностью ориентированные технологии профессионального развития специалиста. – Екатеринбург, 1999. – 244 с.
26. Саттаров Э., Алимов Х. Бошқарув мулоқоти. – Т.: “Академия”, 2003. – 70 б.
27. Махмудов И.И. Бошқарув психологияси. – Т.: 2006. – 230 б.
28. Махмудов И.И. Бошқарув профессионализи: психологик таҳлил. – Т.: “Академия”, 2011.-154 б.
29. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
30. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учеб.для вузов/М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин.— М.: Высш. шк., 2005.
31. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004.
32. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK – моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. –М.: МГУИЭ. 2002.
33. Вальков В. М., Вершин В. Е., Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – С-Пб.: Политехника, 2001.
34. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув қўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент: ТошДТУ, 2007.
35. Иванец В.Н., Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие.– Кемерово: КТИПП, 2006. – 172 с
36. Каменских И.А. Ведерников В.А. Овчинникова В.А.Процессы и аппараты нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 192 с.
37. Юсупбеков Н.Р. вабошқалар. Технологикжараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Тошкент: Ўқитувчи. 2011. Федеров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие.-М.: Инфра-Инженерия, 2008.-928 с.
38. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ. 2004.

#### **Ссылке в интернете:**

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Матбуот маркази сайти: [www.press-service.uz](http://www.press-service.uz)
2. Ўзбекистон Республикаси Давлат Ҳокимияти портали: [www.gov.uz](http://www.gov.uz)
3. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari izohli lug'ati, 2004, UNDP DDI: [www.lugat.uz](http://www.lugat.uz), [www.glossary.uz](http://www.glossary.uz)
4. Infocom.uz электрон журнали: [www.infocom.uz](http://www.infocom.uz)
5. [www.press-uz.info](http://www.press-uz.info)
6. [www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)
7. [www.edu.uz](http://www.edu.uz)



## КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### 1-ТЕМА: БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

#### ПЛАН:

1. Информационные революции в истории человечества. Мышление и интеллект.
2. Определения ИИ. Основное определение ИИ. Области применения ИИ
3. Функциональная структура СИУ
4. Нечёткая логика. Запись нечеткого множества
5. Основные характеристики нечётких множеств.

**Опорные слова:** Искусственный интеллект и принятие решения. Роль Искусственного интеллекта и принятие решение в автоматизации производственных процессов. Формы и виды искусственного интеллекта.

#### **Информационные революции в истории человечества**

- 1) Появление речи.
  - 2) Появление письменности.
  - 3) Появление книгопечатания.
  - 4) Появление электросвязи в различных видах и средств записи знаний.
  - 5) Появление массовых ЭВМ.
- 20 век называют веком атомной энергетики, космонавтики.  
21-й век уже сегодня называют веком информационных технологий.

**Искусственный интеллект – одно из ключевых направлений в развитии информационных технологий.**

#### **Мышление и интеллект**

**Существенное отличие человека от множества других живых существ – его способность познания мира.**

Наука, ориентированная на изучение познавательных процессов человека, называется психологией.

Конкретным выяснением физических, химических и биологических процессов, с помощью которых происходит мышление занимается наука – **нейрофизиология.**

К познавательным процессам относят: ощущение, восприятие, внимание, память, воображение, мышление, речь.

#### **Определения интеллекта**

**Познание** – это процесс отражения и воспроизведения действительности в мышлении; взаимодействие субъекта и объекта, результатом которого является новое знание о мире.

**Мышление** – опосредованное и обобщённое отражение существенных характеристик действительности на основе её анализа и синтеза (в широком смысле); процесс решения и постановки задач (в узком смысле)».

**Сознание** – это способность идеального воспроизведения действительности в мышлении.

#### **Базовое определение:**

**Интеллект** – это способность решать задачи.

#### **Основное определение:**

**Интеллект** – это способность самостоятельно, эффективно находить качественные решения разнообразных сложных задач, в том числе ранее неизвестных.

**Задачи.** В это понятие входят в первую очередь такие задачи, когда необходимо:

- собрать информацию,
- оценить ситуацию,
- принять решение,
- действовать.

Примеры задач: формулировка целей, построение моделей, выдвижение гипотез, оценка достоверности решений, упрощение, планирование и проч.

Примем множество возможных задач, а точнее – классов одноптипных, одинаково решаемых задач – бесконечно. Обозначим это множество через  $\mathcal{P}$ .

**Решать** – нахождение решения, верного в некотором приближении, которое устраняет проблемную ситуацию полностью либо приемлемую его часть, постоянно либо на приемлемый срок.

– качество решения – внутренняя характеристика самого решения,

– стоимость решения – внешнее свойство, относящееся к *объекту*, который получил это решение.

**Объект** – то, что пытаются найти решение. Объекту необходимы: способность воспринять задачу, возможность выбора и возможность действия.

### **Определения ИИ**

**ИИ** – это «автоматизация видов деятельности, которые мы ассоциируем с человеческим мышлением (human thinking), таких как принятие решений, решение проблем, обучение...» – Belman, 1978.

**ИИ** – «Прикладывание новых усилий для того, чтобы сделать думающие компьютеры, ... машины с мозгами в полном и дословном смысле» – Hougeland, 1985.

**ИИ** – «Изучение ментальных способностей через использование вычислительных моделей» – Charniak, McDermont, 1985. (ментальный – имеющий отношение к умственной сфере субъекта).

**ИИ** – «искусство создания машин, которые осуществляют функции, требующие интеллекта при реализации их человеком» – Kurzweil, 1990.

«Область науки, которая имеет дело с объяснением и воспроизведением интеллектуального поведения в терминах вычислительных процессов» – Schalkoff, 1990.

### **Основное определение ИИ**

**Термин artificial intelligence родился в 1956 году** на одноименной конференции в Стэнфордском университете, где обсуждалось решение логических, а не вычислительных задач.

**Искусственный интеллект** – это раздел информатики, изучающий возможность обеспечения разумных рассуждений и действий с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств. При этом в большинстве случаев заранее неизвестен алгоритм решения задачи.

### **Области применения ИИ**

Доказательства теорем; Игры; Распознавание образов; Принятие решений; Адаптивное программирование; Сочинение машинной музыки; Обработка данных на естественном языке; Обучающиеся сети (нейросети); Вербальные концептуальные обучения.



**Функциональная структура СИУ**

**Нечёткая логика.** Основы нечеткой логики были заложены в конце **60-х** лет в работах известного американского математика **Латфи Заде**

Пусть  $E$  – универсальное множество,  $x$  – элемент  $E$ , а  $R$  – определенное свойство.

Тогда нечеткое подмножество  $A$  универсального множества  $E$  определяется как множество упорядоченной пары

$$A = \{ \mu_A(x) / x \},$$

где  $\mu_A(x)$  – характеристическая функция принадлежности (или просто функция принадлежности), принимающая значение в некотором упорядоченном множестве  $M$  (например,  $M = [0, 1]$ ).

Функция принадлежности указывает степень (или уровень) принадлежности элемента  $x$  к подмножеству  $A$ .

**Запись нечеткого множества**

Пусть  $E = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ ,  $M = [0, 1]$ ;  $A$  – элемент множества, для которого

Тогда  $A$  можно представить в виде:

$$A = \{ 0,2/x_1; 0/x_2; 0,4/x_3; 1/x_4; 0,7/x_5 \},$$

$$A = \{ 0,2/x_1 + 0/x_2 + 0,4/x_3 + 1/x_4 + 0,7/x_5 \},$$

$A =$

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
0,2	0	0,4	1	0,7

**Основные характеристики нечётких множеств**

Пусть  $M = [0, 1]$  и  $A$  – нечеткое множество с элементами из универсального множества  $E$  и множеством принадлежностей  $M$ .

1) Высота:  $\sup_{x \in E} \mu_A(x)$ .

Если  $\sup_{x \in E} \mu_A(x) = 1$ , то нечёткое множество  $A$  нормально.

Если  $\sup_{x \in E} \mu_A(x) < 1$ , то нечёткое множество  $A$  субнормально.

Нечеткое множество пусто, если  $\forall x \in E \mu_A(x) = 0$ .

Непустое субнормальное множество можно нормализовать по формуле:

Нечеткое множество унимодально, если  $\mu_A(x) = 1$  только в одном  $x$  из  $E$ .

$$\mu_A(x) := \frac{\mu_A(x)}{\sup_{x \in E} \mu_A(x)}$$

Носителем нечеткого множества  $A$  является обычное подмножество со свойством,  $\mu_A(x) > 0$  т.е.  $A = \{x/x \in E, \mu_A(x) > 0\}$

Элементы  $x \in E$ , для которых  $\mu_A(x) = 0,5$ , называются точками перехода множества  $A$ .

Пример:

Пусть  $E = \{0, 1, 2, \dots, 10\}$ ,  $M = [0, 1]$ . Нечеткое множество «Несколько» можно определить следующим образом: «Несколько» =  $0,5/3 + 0,8/4 + 1/5 + 1/6 + 0,8/7 + 0,5/8$ ; его характеристики: высота = 1, носитель =  $\{3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ , точки перехода –  $\{3, 8\}$ .

### Контрольные вопросы.

1. Каковы предпосылки возникновения искусственного интеллекта как науки?
2. В каком году появился термин искусственный интеллект (artificial intelligence)?
3. Кто считается родоначальником искусственного интеллекта?
4. Кто создал язык Lisp?
5. Кто разработал язык РЕФАЛ?
6. Кто разработал теорию ситуационного управления?
7. Чем знаменателен 1964 год для искусственного интеллекта?
8. Какое из направлений не придает значения тому, как именно моделируются функции мозга?
9. Какой подход использует Булеву алгебру?
10. Какой язык программирования разработан в рамках искусственного интеллекта?

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ИТЕРАТУРЫ

1. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.
2. Азизходжаева Н.Н. Педагогик технологиялар ва педагогик маҳорат. – Т.: “Молия”, 2003. – 192 б.
3. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари. - Т.; 2000. – 218 б.
4. Баркалов С.А. Системный анализ и принятие решений. – “Воронеж”: НПЦ ВГУ, 2010. 662с.
5. DUET-Development of Uzbekistan English Teachers- 2-том. CD ва DVD материаллари, Т. 2008.
6. Michael McCarthy “English Vocabulary in use”. Cambridge University Press, 1999, Presented by British Council.
7. Исмаилов А.А, Жалалов Ж.Ж, Саггаров Т.К, Ибрагимходжаев И.И. Инглиз тили амалий курсидан ўқув-услубий мажмуа. Basic User/ Breakthrough Level A1/-Т.: 2011. – 182 б.
8. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Таълимда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2008. – 180 б.
9. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Тарбияда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2009. – 160 б.
10. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. Учебное пособие. М.: Изд. МГТУ им. Н.Баумана. 2002. - 336с.
11. Симонович СВ., Евсеев Г.А., Мураховский В.И. WINDOWS: лаборатория мастера: Практическое руководство по эффективным приемам работы с компьютером - М.: АСТ-ПРЕСС: «Информком-Пресс», 2000. - 656 с.
12. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2000. – 17с.

13. Зеер Э.Ф., Шахматова Н. Личностью ориентированные технологии профессионального развития специалиста. – Екатеринбург, 1999. – 244 с.
14. Сагтаров Э., Алимов Х. Бошқарув мулоқоти. – Т.: “Академия”, 2003. – 70 б.
15. Махмудов И.И. Бошқарув психологияси. – Т.: 2006. – 230 б.
16. Махмудов И.И. Бошқарув профессионализми: психологик таҳлил. – Т.: “Академия”, 2011.-154 б.
17. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
18. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учеб. для вузов/М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин.— М.: Высш. шк., 2005.
19. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004.
20. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK – моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. –М.: МГУИЭ. 2002.
21. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув қўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент: ТошДТУ, 2007.
22. Иванец В.Н., Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие.– Кемерово: КТИПП, 2006. – 172 с
23. Каменских И.А. Ведерников В.А. Овчинникова В.А. Процессы и аппараты нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 192 с.
24. Юсупбеков Н.Р. ва бошқалар. Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Тошкент: Ўқитувчи. 2011. Федеров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие.-М.: Инфра-Инженерия, 2008.-928 с.
25. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ. 2004.

## 2-ТЕМА: РОБОТОТЕХНИКА И РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.

### План:

1. История. Общие принципы роботизации.
2. Промышленная робототехника.
3. Законы робототехники.
4. Традиционные области применения. Перспективные области применения. Области отдалённой перспективы.
5. Измерительные технологии. Искусственный интеллект.

**Опорные слова:** Роль искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов. Возможности реализации достижений информационных технологии в управлении производственными процессами.

Слова «Робот» и «Робототехника» были придуманы писателями фантастами.

В 1922 году **Карел Чапек** подарил миру робота в своей пьесе «R.U.R».

В начале 40-х годов XX века **Айзек Азимов** ввёл термин «Робототехника» для обозначения отрасли науки и искусства, занимающихся созданием и применением роботов.

### Введение.

**Робототехника** на сегодняшний день является интенсивно развивающейся научно-технической дисциплиной, изучающей как теорию, методы расчета и конструирования роботов, их систем и элементов, так и проблемы комплексной автоматизации производства и научных исследований с применением роботов.

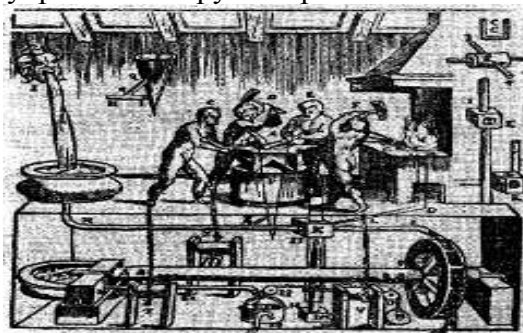
**Предметом робототехники** является создание и применение роботов, других средств робототехники и основанных на них технических систем и комплексов различного назначения

### История.

История робототехники уходит в глубокую древность, когда появились идеи создания технических средств, похожих на человека, и были предприняты первые попытки по их созданию.

### Древность.

Одним из ранних упоминаний об искусственном человеке (III век до н. э.) является бронзовый великан **Талос**, построенный **Гефестом** для охраны острова Крит от врагов. Философ и математик **Архимед** из Тарентума, друг Платона, сконструировал деревянного голубя, который мог летать и управлялся струей пара.



Механическая кузница Герона Александрийского

### Средние века.

В средние века большой популярностью пользовались различного рода автоматы, основанные на использовании **часовых механизмов**. Были созданы всевозможные часы с движущимися фигурами людей, ангелов и т. п. К этому периоду относятся сведения о создании первых подвижных **человекоподобных механических фигур – андроидов**.

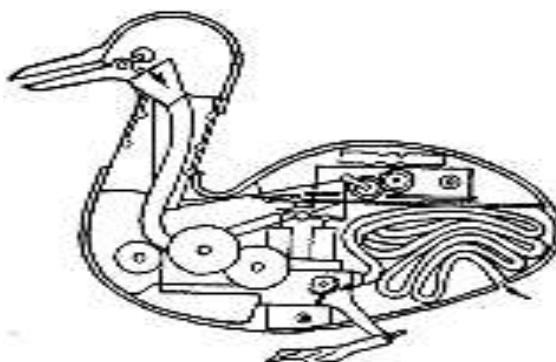
**Андроид** алхимика **Альберта Великого** (1193 – 1280) представлял собой куклу в рост человека, которая, когда стучали в дверь, открывала и закрывала ее, кланяясь при этом входящему.

В 13 веке Альберт Великий создал автомат, ставший впоследствии известным как **«говорящая голова»**, способный воспроизводить человеческий голос.

В 1495 году **Леонардо да Винчи** разработал детальный проект механического человека, способного двигать руками и поворачивать голову.

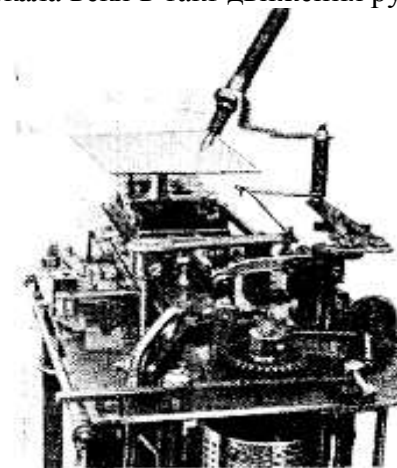
Французский механик и изобретатель **Жак де Вокансон** (1709-1789) создал в 1738 году первое работающее человекоподобное устройство (андроид), которое играло на флейте. При этом **«Флейтист»** был ростом с человека. Подвижными пальцами он мог исполнять 11 мелодий с помощью заложенной в него программы.

**Вокансон** также создал **механическую утку**, покрытую настоящими перьями, которая могла ходить, двигать крыльями, крякать, пить воду, клевать зерно и, перемалывая его маленькой внутренней мельницей, отправлять нужду на пол. Утка состояла из более чем 400 движущихся деталей.



Созданием автоматов также занимались швейцарские часовщики **Пьер-Жак Дро** (1721-1790) и его сын **Анри Дро** (1752-1791). От имени последнего позднее было образовано и понятие **«андроид»**.

Пьер-Жак Дро создал несколько автоматов, из которых наибольшую известность получили **писец** и **художник**. Писец представлял собой сидящую за столом девочку, которая выписывала аккуратным почерком буквы, слова и даже могла нарисовать собаку. При этом она плавно покачивала головой и опускала веки в такт движения руки.



Писец Пьера-Жака Дро и его механизм

Русский механик **И.П. Кулибин** (1735-1818) построил в течении трех лет **яичную фигуру – универсальные часы**.

Часы давали театрализованное представление и играли музыку. В этих часах было три самостоятельных механизма и три завода: часовой, боевой и курантовый, а также

автоматические приборы для приведения в действие механизмов, воспроизводящих сцены, музыку и бой.

Как свидетельствует сохранившаяся опись частей, составленная Кулибиным, часы яичной фигуры состояли из **427 деталей**.

В XVI-XVII вв. возникает новое научное направление на стыке физиологии и механики – **ятромеханика** (от греч. *iátrōs* – врач).

Его выдающимся представителем был *Джованни Альфонсо Борелли* (1608-1679), врач и механик, профессор Мессинского университета. В его работе «*О движении животных*» рассматривается работа мускулов сердца, кровообращение других органов животных и человека на основе механических аналогий.

Ятромеханика заложила основы современных научных направлений – *биомеханики* и *бионики*.

Русский математик и академик **П.Л. Чебышев** (1821-1894) положил начало новому этапу в исследовании машин и механизмов. Он увязал вопросы структуры и синтеза механизмов в единое учение о построении механизмов на основе математических методов.

Чебышев в своей работе «*Теория механизмов, известных под названием параллелограммов*» описал задачи теории механизмов на языке математики.

Во второй половине XVIII века произошла промышленная революция, связанная с переходом от ручного производства к машинному. В это время начали закладываться **основы промышленной автоматизации**, особенно в текстильной промышленности.

В 1725 году **Бэзил Бушон** придумывает **перфорированную бумажную ленту** для записи программы, которую в дальнейшем использует для программирования ткацких станков для производства шелковой ткани с рисунком.

В 1728 **Жан-Баптист Фалькон** заменяет перфорированную бумажную ленту карточками, соединенными в цепочку, что позволяет легко заменять отдельные фрагменты программы.

В 1805 году **Жозеф Мари Жаккард** создает автоматический станок, на котором можно производить ткани с заранее запрограммированным рисунком с помощью **перфокарт**.

Это изобретение явилось одним из важнейших событий, которые определили дальнейший технический прогресс промышленности и послужили толчком к развитию робототехники.

Второе важное событие в области робототехники стало создание **первой вычислительной машины**. На основе способа программирования Жаккарда английский механик **Чарльз Бэббидж** (1792-1871) разработал счетную «**Аналитическую машину**», структурные особенности которой на целое столетие предопределили направление развития вычислительной техники.

#### **Общие принципы роботизации.**

Уже в ближайшее время ожидается интенсификация внедрения робототехники в промышленное производство, причем в качестве наиболее многообещающей области приложения оживленных роботов новых поколений рассматриваются сборочные технологии, а критическое осмысление опыта временных неудач и разочарований поможет не повторить ошибок прошлого, выработать более взвешенные и эффективные подходы и научно-технические направления роботизации.

Так, профессором **Л.И. Волчковичем** рекомендованы общие принципы технической политики при роботизации промышленного производства. **Первый принцип** - принцип достижения конечных результатов.

Обозначает, что средства роботизации должны не просто имитировать или замещать человека, а выполнять производственные функции быстрее, надежнее и лучше человека, лишь тогда они по-настоящему будут эффективными.

**Второй принцип** - принцип комплексности подхода.



Диктует необходимость рассмотрения и увязки в едином комплексе всех важнейших компонентов производственного процесса: объектов производства (изделий), технологии, основного и вспомогательного оборудования, системы управления и обслуживания, кадрового обеспечения, взаимодействия с внешними структурами и др.

**Третий принцип** - принцип необходимости.

Определяет применение средств роботизации, пусть самых современных и перспективных, не там, где их можно приспособить, а лишь там, где без них нельзя обойтись.

**Четвертый принцип** - принцип своевременности, - не допускающий внедрения и тиражирования недостаточно созревших и отработанных технических решений и конструкций.

Внедрение дорогостоящих, малонадежных и непроизводительных роботов и других средств автоматизации может привести лишь к их дискредитации.

**Промышленная робототехника.**

**Промышленная робототехника** – это направление развития науки и техники в области механизации и автоматизации производственных процессов на основе использования многофункциональных технических средств с гибкими технологическими свойствами – промышленных роботов (ПР).

**В промышленной робототехнике выделяют 4 взаимосвязанные проблемы:**

Разработка методов формализованного описания производственных процессов и объектов роботизации, основанных на принципах системного подхода к анализу роботизируемого производства как объекта управления;

Создание собственно промышленных роботов и элементной базы робототехнических систем;

Разработка роботизированных технологий, связанных с реорганизацией промышленности;

Создание робототехнических комплексов и построение систем управления роботизированным производством.

**Законы робототехники.**

Основные области применения ПР определяются, с одной стороны, «кодексом робототехники», включающим 3 закона использования роботов:

***Роботы должны заменять людей на опасных работах, не зависимо от затрат на их создание;***

***Роботы должны заменять людей на работах, которые люди не хотят делать и этим оправдываются все затраты;***

***Роботы должны заменять людей на работах, которые они могут выполнять с меньшими затратами.***

Эти законы учитывают как **особенности производственных процессов**, так и **социально-технологические факторы**, определяющие участие человека в этом процессе.

Основные области применения ПР определяются, с другой стороны, применение ПР определяется **уровнем развития науки, современных технологий в роботостроении**, приводящих к **расширению их функциональных возможностей при одновременном уменьшении затрат на их производство**.

Так для первых ПР, появившихся в 60-х годах (1961 г.), соотношение затрат на средства управления к затратам на механику составляло 75% : 25%. В настоящее время это соотношение является обратным.

Применение ПР.

В применении ПР можно выделить: **традиционные области применения, перспективные области применения, области отдалённой перспективы**.

Традиционные области применения	Перспективные области применения	Области применения отдалённой перспективы
Литьё в постоянные формы	Мелкосерийная сборка	Муниципальное хозяйство (уборка мусора, чистка тр-ов)
Точечная сварка	Строительство	Заправка автомобилей
Манипулирование стеклянными изделиями	Горно-добывающая промышленность	Животноводство
Кузнечно-прессовые, закалочные операции	Проводной монтаж, прокладка жгутов	Растениеводство
Окраска распылением	Упаковка	Обслуживание ядерных установок
Обслуживание станков	Работа с текстильными заготовками	Домашнее хозяйство, в т.ч., приготовление и подача пищи
Штамповочные операции	Медицинские лабораторные анализы	Протезирование
Литьё пластмасс	Обрубка отливок, их зачистка	Нейрохирургия
Обслуживание транспортёров		
Загрузка и разгрузка палет		
Технический контроль		

*Робототехника призвана заниматься вопросами построения технических систем, функционально эквивалентным некоторым из важнейших систем человеческого организма.*

Если определять предметную область робототехники, то её можно представить схемой:



#### Измерительные технологии

*Создание систем технического зрения.* Для распознавания объектов на основе поступающей визуальной информации используются специальные алгоритмы. Разработкой таких алгоритмов занимается специальный раздел сенсорной технологии – *распознавание образов.*

**Создание датчиков для вычисления координат заданных предметов в 3х мерном пространстве.**

**Разработка алгоритмов анализа сцен,** позволяющих роботу полностью или частично контролировать своё состояние в окружающем пространстве.

**Создание искусственных систем,** позволяющих роботу вести речевое общение, т.е. построение систем анализа речевого сигнала и синтезаторов речи.

**полное очувствление руки робота. Оснащение руки сенсорами осязания (тактильными датчиками).**

Искусственный интеллект.

Создание технических систем, способных **самостоятельно решать задачи управления с априорно неизвестной для данного устройства схемой решения, а также способных к обучению и самообучению.** В настоящее время построение таких систем предполагает использование нейронных сетей, алгоритмов на основе не чёткой логики.

**Распознавание образов** – один из разделов искусственного интеллекта.

Одна из задач, которая может быть решена на основе искусственного интеллекта – организация управления рукой робота, выполняющего достаточно сложные операции в среде с изменяющимися условиями, в том числе и по информации от сенсоров.

Протезирование.

Это направление связано с изготовлением искусственных рук и ног (протезов). В настоящее время **техника протезирования и построение автоматических манипуляционных устройств развиваются параллельно, дополняя друг друга.**

Робототехника позаимствовала методы протезирования, обеспечивающие **минимальные размеры и массу конечностей.** Развитие робототехники привело к созданию **новых миниатюрных и лёгких приводов** для механических конструкций, нашедших применение в протезировании.

### **Контрольные вопросы.**

1. Сколько поколений роботов существует?
2. Искусственная жизнь имеет следующие направления?
3. Какие задачи решаются в рамках искусственного интеллекта?
4. Экспертные знания активно используются в следующих направлениях?
5. Принцип организации социальных систем используется в направлении?
6. Интеллектуальная информационная система - это система..?
7. Если система использует генетические вычисления и базы данных, она относится к каким интеллектуальным системам?
8. Системы генерации музыки можно отнести к?
9. Какие системы являются системами общего назначения?
10. К самоорганизующимся системам относятся?

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ИТЕРАТУРЫ.**

1. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.
2. Азизходжаева Н.Н. Педагогик технологиялар ва педагогик маҳорат. – Т.: “Молия”, 2003. – 192 б.
3. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари.- Т.; 2000. – 218 б.
4. Баркалов С.А. Системный анализ и принятие решений.– “Воронеж”: НПЦ ВГУ,2010. 662с.
5. DUET-Development of Uzbekistan English Teachers- 2-том. CD ва DVD материаллари, Т. 2008.

6. Michael McCarthy "English Vocabulary in use". Cambridge University Press, 1999, Presented by British Council.
7. Исмаилов А.А, Жалалов Ж.Ж, Саттаров Т.К, Ибрагимходжаев И.И. Инглиз тили амалий курсидан ўқув-услубий мажмуа. Basic User/ Breakthrough Level A1/-Т.: 2011. – 182 б.
8. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Таълимда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: "Истеъдод" жамғармаси, 2008. – 180 б.
9. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Тарбияда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: "Истеъдод" жамғармаси, 2009. – 160 б.
10. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. Учебное пособие.М.: Изд. МГТУ им. Н.Баумана.2002.-336с.
11. Симонович СВ., Евсеев Г.А., Мураховский В.И. WINDOWS: лаборатория мастера: Практическое руководство по эффективным приемам работы с компьютером - М.: АСТ-ПРЕСС: «Информком-Пресс», 2000. - 656 с.
12. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. Учебное пособие.– Санкт-Петербург: Издательский дом «Бизнес-пресса»,2000.–17с.
13. Зеер Э.Ф., Шахматова Н. Личностью ориентированные технологии профессионального развития специалиста. – Екатеринбург, 1999. – 244 с.
14. Саттаров Э., Алимов Х. Бошқарув мулоқоти. – Т.: "Академия", 2003. – 70 б.
15. Махмудов И.И. Бошқарув психологияси. – Т.: 2006. – 230 б.
16. Махмудов И.И. Бошқарув профессионализи: психологик таҳлил. – Т.: "Академия", 2011.-154 б.
17. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
18. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учеб. для вузов/М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин.— М.: Высш. шк., 2005.
19. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004.
20. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK – моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. –М.: МГУИЭ. 2002.
21. Вальков В. М., Вершин В. Е., Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – С-Пб.: Политехника, 2001.
22. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув қўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент: ТошДТУ, 2007.
23. Иванец В.Н., Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие.– Кемерово: КТИПП, 2006. – 172 с
24. Каменских И.А. Ведерников В.А. Овчинникова В.А. Процессы и аппараты нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 192 с.
25. Юсупбеков Н.Р. ва бошқалар. Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Тошкент: Ўқитувчи. 2011. Федеров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие.-М.: Инфра-Инженерия, 2008.-928 с.
26. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ. 2004.

### **3-ТЕМА: ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.**

#### **План:**

1. Объекты мехатроники.
2. Особенности проектирования робототехнических систем.
3. Общая последовательность этапов проектирования робота применительно к промышленным роботам (ПР).
4. Разработка технического предложения. Мехатронное техническое оборудование.

**Опорные слова:** Проблемы применения микроконтроллеров в автоматизации производственных процессов.

*Мехатронные системы* – типичный пример технических систем, требующих системного подхода и не допускающих их проектирования на основе декомпозиции.

*Главным обоснованием мехатроники как самостоятельного научно-технического направления*, является наличие именно таких объектов нового типа, которые требуют системного подхода и критериев, охватывающих образующие ее науки – механику, возникшую в недрах электротехники, электронику, микропроцессорную и вычислительную технику.

В этой связи, в соответствии с общей тенденцией развития техники, одним из *основных направлений развития мехатроники станет микротехника* на основе освоения микроэлектроникой трехмерных (3D) структур с подвижными частями. Именно в микротехнике электромеханика превратилась в микроэлектромеханику, т.е., по существу, в мехатронику.

#### **Объекты мехатроники.**

некоторые типы гироскопов, акселерометры и других микромеханических сенсорных систем, микроэлектромашин, микротурбины и т.п.

*существуют также близкие к мехатронным по физической природе и принципу действия устройства, которые, однако, допускают декомпозицию при проектировании и, поэтому, не являются мехатронными в указанном ранее смысле, их создавать могут только специалисты по мехатронике.*

*Таким образом, с точки зрения предмета мехатроники можно говорить о ее объектах в указанном выше узком и в широком смысле.*

Важными методическими следствиями системного подхода к проектированию *мехатронных систем* являются следующие **принципы их создания:**

#### **Принцип № 1**

*Децентрализация управления* вплоть до конструктивного встраивания устройств управления отдельными частями механической системы в эти части.

Это позволяет *удешевить всю систему в целом, повысить ее надежность и быстродействие за счет сокращения связей, распараллеливания и иерархического построения информационных процессов и процессов управления.*

Для таких систем разработаны различные варианты структур с сильными и со слабыми связями (распределенные системы), а также методы их проектирования.

#### **Принцип № 2**

*Обеспечение значительно большей надежности управления*, чем обычно считается приемлемым для других типов объектов.

Это вызвано тем, что в этих системах отказ управления, как правило, ведет к аварии всей системы.

Разработаны и совершенствуются соответствующие программные методы решения этой задачи.

#### **Принцип № 3**

**Широкое применение компьютерного моделирования** без чего такие сложные системы, как правило, не могут быть созданы на современном научно-техническом уровне.

**К сведению:** наряду с **мехатроникой** аналогичный системный подход к проектированию требуют многие технические системы. К ним, прежде всего, относятся **автоматические системы**, процесс проектирования которых нельзя разделить на проектирование вначале объекта управления, а затем устройства управления для него.

К таким системам, относятся системы автоматического управления статически и динамически неустойчивыми системами, т.е. неработоспособными без системы управления объектами, такими как:

**ракеты** и некоторые другие летательные аппараты, **электрические машины**, и включающие их **энергетические системы**, работающие в режиме так называемой **искусственной устойчивости**, некоторые **установки химической промышленности**.

Системный подход **принципиально позволяет получить более высокое качество проектируемой** любой технической системы чем при проектировании по частям на основе декомпозиции.

#### **Особенности проектирования робототехнических систем**

**Предмет робототехники включает собственно средства робототехники и основанные на них робототехнические системы**

Особенности средств робототехники как объекта проектирования.

При **разработке технических требований** к роботам и последующем **анализе путей их реализации** необходимо:

**системно исследовать взаимодействие** робота с другим работающим совместно технологическим оборудованием и объектами манипулирования,

с целью **выявления возможностей** за счет достаточно несущественных изменений последних **облегчить требования к роботу** и тем самым получить общую технико-экономическую выгоду для всей системы совместно работающих машин.

Наибольший технико-экономический эффект при этом может быть достигнут, когда все это оборудование проектируется одновременно с роботом.

Одновременно с той же целью необходимо исследовать возможности создания так называемой околороботной оснастки и других средств упорядочения и упрощения внешней среды робота (устройство подачи и позиционирования объектов манипулирования, удобная для робота их маркировка и т.п.) .

#### **Пример**

Рассмотрим качественную зависимость стоимости собственно робота и стоимости его вместе с такими средствами в функции от степени упорядочения внешней среды.

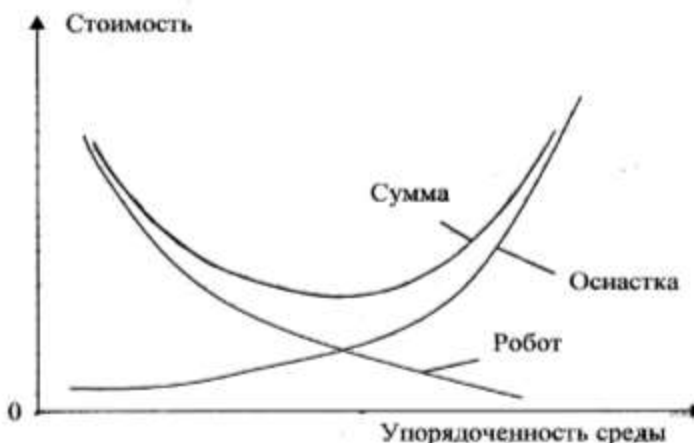


Рисунок. Стоимость робота и около роботной оснастки.

Только после такого системного рассмотрения взаимодействия робота с внешней средой и оптимизации технических требований к роботу и объектам этой среды следует переходить к проектированию собственно робота.

**Основной принцип здесь – декомпозиция**, т.е. распараллеливание всей задачи проектирования на несколько более простых подзадач.

Робот, как и другие средства робототехники, состоит из двух основных функциональных частей:

исполнительных систем (манипуляторы и системы передвижения),  
устройства управления исполнительными системами.

Устройства управления разделяются на 6

**аппаратную** часть,

**программную** часть.

В соответствии с этим **на первом этапе проектирования** после составления функциональной схемы **робота** должно быть проведено его **разбиение на три** указанные **части**:

**механическую систему,**

**аппаратуру управления,**

**программное обеспечение**, проектирование которых требует специалистов разного профиля.

Для этого необходимо **разделение функций робота и технических требований к нему между этими тремя взаимосвязанными частями**.

Эта задача **неоднозначна и наиболее ответственна** при проектировании робота, так как её решение в значительной степени предопределяет результат всей дальнейшей работы по созданию робота.

При распределении функций робота между перечисленными тремя его частями **прежде всего выделяют функции, которые полностью или в основном определяются одной из этих частей и соответственно приписываются им**.

Пример

грузоподъемность и геометрия рабочей зоны определяются механической системой,

параметры энергопитания и диапазон температуры внешней среды существенны в основном для аппаратуры управления,

язык программирования относится к программному обеспечению.

Остальные функции необходимо по возможности оптимально **распределить между частями робота** на основании определенных критериев.

При этом следует учитывать еще наличие взаимовлияний

ТЗ на конструкцию манипулятора,

ТЗ на конструкцию системы передвижения,

ТЗ на приводы, ТЗ на рабочие органы,

ТЗ на аппаратуру управления,

ТЗ на сенсорную аппаратуру, ТЗ на специальное ПО,

ТЗ на системное ПО,

ТЗ на робот,

ТЗ на околороботную оснастку, изменение смежного оборудования и объектов манипулирования,

ТЗ на систему управления,

ТЗ на программное обеспечение (ПО),

ТЗ на аппаратуру управления,

ТЗ на механическую систему.

**Общая последовательность этапов проектирования робота** применительно к промышленным роботам (ПР)

Формулировка заказчиком исходных данных для разработки ПР, включающих:

назначение ПР,  
параметры объекта манипулирования (масса, размеры, форма, физико-химические свойства),

технические требования к перемещениям, скоростям, точности, к конструкции, комплектующим,

условия эксплуатации (температура, состав атмосферы),

механические и другие воздействия,

требования к надежности, ремонтпригодности, наладке и регулировке, квалификации обслуживающего персонала,

требования по технике безопасности, экономической эффективности, требования к околороботной оснастке и совместно работающему оборудованию.

Разработка ТЗ.

Выбор прототипов.

Разработка календарного графика работы на проекте, например, в виде сетевого графика.

Разработка технического предложения.

В результате выполнения данного этапа должны быть определены следующие **параметры работа:**

- грузоподъемность (в соответствии со стандартизированным рядом при некотором (примерно на 10%) превышении заданной массы объекта манипулирования);

- размеры рабочей зоны (в соответствии с рабочим местом работа, совместно работающим оборудованием, оснасткой);

- число степеней подвижности (исходя из требуемых траекторий рабочего органа с учетом препятствий, требуемой точности и быстродействия);

- система координат (в том числе с учетом необходимости минимизации числа степеней подвижности);

кинематическая схема манипулятора (на основании предыдущих пунктов и выбранной геометрии звеньев манипулятора);

- скорость перемещения рабочего органа (исходя из требуемой производительности);

- погрешность позиционирования рабочего органа манипулятора (в соответствии с требуемой точностью выполнения манипуляционных операций с учетом точности устройств, подающих объекты манипулирования, и другой оснастки);

- режимы работы приводов (исходя из массы объектов манипулирования, времени работы, типовых траекторий).

По перечисленным данным далее должен быть осуществлен:

- выбор серийных приводов и их размещение или формулировка технических требований к подлежащим разработке новым приводам;

- выбор серийного устройства управления или формулировка технических требований к новому устройству управления;

- выбор или проектирование рабочих органов (захватных устройств или рабочего инструмента);

составление полной кинематической схемы манипулятора (как результат выполнения предыдущих пунктов);

- статический расчет этой схемы (методами кинестатики определяются передаточные отношения для механизмов передачи движений, выбираются механизмы уравновешивания);

расчет погрешностей;

- динамический расчет (усилий и деформаций);

- синтез алгоритмов управления манипулятором;

заклучение о выполнении ТЗ и сравнении с прототипами.



### *Продолжение этапов проектирования робота*

Разработка эскизного проекта.

Разработка технического и рабочего проектов.

В последних двух этапах повторяются пункты, перечисленные выше, но с последовательным их углублением и уточнением, в том числе с помощью математического и физического моделирования.

### **Мехатронное техническое оборудование.**

Согласно материалу, взятому из статьи «МЕХАТРОННЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ», автор Виктор Жавнер, д.т.н., профессор, СПбГПУ

Дальнейшее развитие мехатроники позволяет утверждать, что *современное технологическое оборудование может считаться мехатронным тогда, когда оно обладает полностью или частично следующими свойствами или особенностями:*

- цифровым заданием параметров и режимов работы оборудования, обеспечивающим отсутствие ручных настроек в процессе эксплуатации;
- мониторингом технологического процесса и архивированием его результатов;
- диагностикой основных узлов и элементов, определяющей работоспособность оборудования и позволяющей избежать убытков от незапланированных простоев при внезапных отказах;
- модульным принципом построения, позволяющим в наименьший промежуток времени обеспечить замену модулей;
- современным человеко-машинным интерфейсом;
- телеметрической связью со службами сервиса;
- интерфейсом с системами управления высшего уровня;
- более широким использованием сервоприводов;
- статистическим управлением, обеспечивающим стабильность процессов и режимов работы;
- автоматическим согласованием режимов работы с предыдущим и последующим оборудованием в автоматизированных поточных линиях;
- лучшими массогабаритными характеристиками и меньшим энергопотреблением по сравнению с аналогичным оборудованием равной производительности;
- учетом выпускаемой продукции и времени работы оборудования при сдаче его в аренду;
- объединением всех элементов оборудования в одном конструктивном блоке.
- уменьшением негативного влияния человеческого фактора на работу оборудования;
- уменьшением удельной стоимости изделия на единицу продукции;
- гибкостью, связанной с расширением и оперативным изменением ассортимента продукции.

К **явным достоинствам** мехатронного технологического оборудования следует отнести:

- встраиваемость в автоматизированные технологические линии;
- более высокую фактическую производительность.

### **Контрольные вопросы.**

1. На знаниях основываются системы?
2. Эвристический поиск используется в?
3. К системам компьютерной лингвистики относятся?
4. Что понимается под представлением знаний?
5. Какие определения представленные ниже не являются моделями представления знаний?
6. Что представляют собой семантическая сеть?

7. Какой из основных типов отношений семантической сети, представленных ниже, может быть названа как АКО ( А - Kind – Of)?
8. Чем отличаются семантические сети и фреймы?
9. Что объединяет семантические сети и фреймы?
10. Какие из выражений, представленных ниже, являются структурной частью фрейма?

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ИТЕРАТУРЫ

1. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.
2. Азизходжаева Н.Н. Педагогик технологиялар ва педагогик маҳорат. – Т.: “Молия”, 2003. – 192 б.
3. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари.- Т.; 2000. – 218 б.
4. Баркалов С.А. Системный анализ и принятие решений.– “Воронеж”: НПЦ ВГУ,2010. 662с.
5. DUET-Development of Uzbekistan English Teachers- 2-том. CD ва DVD материаллари, Т. 2008.
6. Michael McCarthy “English Vocabulary in use”. Cambridge University Press, 1999, Presented by British Council.
7. Исмаилов А.А, Жалалов Ж.Ж, Саттаров Т.К, Ибрагимходжаев И.И. Инглиз тили амалий курсидан ўқув-услубий мажмуа. Basic User/ Breakthrough Level A1/-Т.: 2011. – 182 б.
8. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Таълимда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2008. – 180 б.
9. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Тарбияда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2009. – 160 б.
10. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. Учебное пособие.М.: Изд. МГТУ им. Н.Баумана.2002.-336с.
11. Симонович СВ., Евсеев Г.А., Мураховский В.И. WINDOWS: лаборатория мастера: Практическое руководство по эффективным приемам работы с компьютером - М.: АСТ-ПРЕСС: «Информком-Пресс», 2000. - 656 с.
12. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. Учебное пособие.– Санкт-Петербург: Издательский дом «Бизнес-пресса»,2000.–17с.
13. Зеер Э.Ф., Шахматова Н. Личностью ориентированные технологии профессионального развития специалиста. – Екатеринбург, 1999. – 244 с.
14. Саттаров Э., Алимов Х. Бошқарув мулоқоти. – Т.: “Академия”, 2003. – 70 б.
15. Махмудов И.И. Бошқарув психологияси. – Т.: 2006. – 230 б.
16. Махмудов И.И. Бошқарув профессионализи: психологик таҳлил. – Т.: “Академия”, 2011.-154 б.
17. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
18. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учеб. для вузов/М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин.— М.: Высш. шк., 2005.
19. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004.
20. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK – моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. –М.: МГУИЭ. 2002.
21. Вальков В. М., Вершин В. Е., Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – С-Пб.: Политехника, 2001.

22. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув кўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент: ТошДТУ, 2007.
23. Иванец В.Н., Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие.– Кемерово: КТИПП, 2006. – 172 с
24. Каменских И.А. Ведерников В.А. Овчинникова В.А. Процессы и аппараты нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 192 с.
25. Юсупбеков Н.Р. ва бошқалар. Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Тошкент: Ўқитувчи. 2011. Федеров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие.-М.: Инфра-Инженерия, 2008.-928 с.
26. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ. 2004.

#### 4-ТЕМА: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ МЕХАТРОНИКИ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.

##### План:

1. Основные принципы мехатроники.
2. Структура и принципы интеграции мехатронной системы.
3. Блок-схема традиционной машины с компьютерным управлением.

**Опорные слова:** Оптимизация и синтез автоматизированных систем управления. Программное и математическое обеспечение интеллектуализированных систем управления. Проектирование цифровых систем управления сложными технологическими процессами.

Основные принципы мехатроники

Общепризнанными тенденциями современного развития техники являются: **миниатюризация, интеллектуализация, интеграция.**

*Пример* возникновение электромеханики в результате соединения механики с электротехникой.

На основании указанных общих тенденций сформулированы следующие принципы мехатроники.

***Поэтапность развития. Системный подход. Унификация. Интеграция. Закон степени 32.***

***Первый принцип – поэтапность развития техники*** путём последовательного освоения разного порядка размерностей в виде отдельных её поколений.

Каждый такой этап заключается в создании качественно новой техники, требующей соответствующих новых технологий.

При этом, для реализации последних необходимо технологическое оборудование, основанное на технике предыдущей размерности.

*Пример: создание нанотехнологий предполагает использование микротехники (микроманипуляторов и т.д.).*

Реализация данного принципа в микромехатронике означает развитие мехатронных и микросистемных 3D-технологий на основе исходных 2D-технологий микроэлектроники, созданных на предыдущем этапе техники.

***Второй принцип – системный подход к созданию мехатронных систем.***

Данный принцип предполагает синтез мехатронных систем на основе общесистемных критериев без декомпозиции с переходом от общего технического задания (ТЗ) на систему к частным ТЗ на отдельные её функциональные компоненты.

Такой синтез может осуществляться через анализ с применением декомпозиции на промежуточных этапах синтеза.

Принцип **системного проектирования** является одним из основополагающих для мехатроники как самостоятельного научно-технического направления.

Реализация данного принципа стала возможной только на определённом этапе развития науки и техники и связана с решением ряда проблем и, прежде всего, в части формирования общесистемных критериев и разработки на их основе методов синтеза.

***Третий принцип – унификация функциональных компонентов.***

Данный принцип для систем до дециметровой размерности реализуется в виде модульного построения системы из типоразмерных рядов конструктивно унифицированных функциональных компонентов – сенсорных, информационно-управляющих, связи, исполнительных и энергопитания.

Все перечисленные компоненты можно объединить в две группы: информационные и силовые.

С уменьшением габаритных размеров до следующего уровня сантиметровой размерности **общесистемная оптимизация приводит** к взаимному проникновению (конвергенции) этих функциональных компонентов.

Конвергенция функциональных компонентов даёт снижение массогабаритных параметров, повышение надёжности (прежде всего за счёт уменьшения межкомпонентных связей) и быстродействия.

Следует отметить, что

**первым** уже достаточно освоенным этапом процесса унификации функциональных компонентов является **распространение методов искусственного интеллекта**, используемых в информационно-управляющих компонентах на другие функциональные компоненты – от сенсорных до исполнительных.

Аналогичная тенденция наметилась в энергопитании за счёт введения вторичных источников энергии в отдельные функциональные компоненты.

**Четвёртый принцип – интеграция функций на базе однородных структур.**

Данный принцип приходит на смену модульному принципу построения систем в конце их типоразмерного ряда при переходе к миллиметровой размерности.

Отказу от модульного построения с переходом к **однородным структурам с распределёнными функциями** предшествует постепенное взаимное проникновение функциональных компонентов, которое и завершается переходом к качественно новому типу организации.

Этот переход содержит два этапа.

**Первый этап** охватывает информационные компоненты (сенсорные, информационно-управляющие, интерфейсы).

**Второй этап** затрагивает силовые компоненты (исполнительные, энергопитания).

В настоящее время идёт процесс реализации первого этапа на основе нейроподобных структур. При этом, каждая функция должна выполняться отдельными участками таких структур с возможностью их оперативного перераспределения и изменения границ.

*Пример 1* такой организации: многоагентная система в компьютерных сетях, где отдельные компоненты теряют свою конструктивную самостоятельность и превращаются в чисто программный продукт – программные агенты-модули, размещаемые в однородной материальной среде.

*Пример 2* такой организации: при групповом применении роботов, когда возникает их общая нейросетевая информационная среда, с такого же типа общей ассоциативной памятью, эти агенты становятся компонентами общего для всей группы роботов коллективного «разума».

Завершающий этап **освоения однородных структур** – это реализация данного принципа для **силовых функциональных компонентов**.

В настоящее время это – наиболее проблематичная задача, решение которой требует поиска новых физических идей и путей технической реализации.

Прежде всего, необходим новый подход к построению приводов по типу искусственных мышц, основанный на параллельно-последовательной работе сотен элементарных микроактуаторов.

Улучшение массогабаритных параметров должно обеспечиваться при этом, прежде всего, за счёт **новых физических принципов действия и материалов** (полимеров, композитов и т.д.).

Очевидно, что переход к таким приводам позволит кардинально повысить и надёжность МС.

Проблема микроминиатюризации стоит и перед источниками энергопитания.

Таблица 1. Принципы применительно к микромехатронным системам

Размерность (габаритные размеры) м	Принцип построения (структура)	Уровень управления
10 <sup>-1</sup>	Модульное построение на основе конструктивно-унифицированных типоразмерных рядов функциональных модулей	Адаптивность
10 <sup>-2</sup>	Взаимопроникающие функциональные компоненты	Искусственный интеллект
10 <sup>-3</sup>	Однородные структуры с распределёнными функциями	Искусственный разум (интеллект + креативность)

**Пятый принцип – закон степени 3/2.**

Данный принцип заключается в том, что в силу разного порядка размерности объёма (3) и поверхности (2) объектов при их миниатюризации происходит увеличение значимости поверхностных явлений (теплообмена с внешней средой и т.п.).

В результате подлежат пересмотру принципы построения, методы расчёта и проектирования мехатронных систем по мере их миниатюризации, включая концепцию их управления путём привлечения идей биомеханики.

**Таким образом**, перечисленные принципы построения МС, которые определяются порядком их размерности и тенденции их развития.

Важной особенностью мехатронных систем является повышение практической значимости бионического подхода.

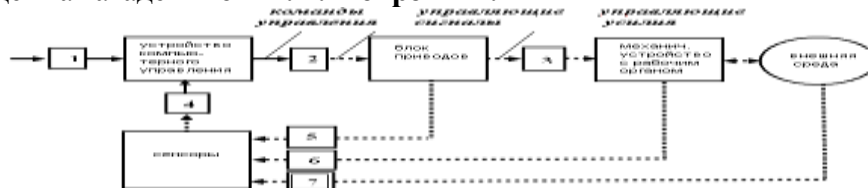
Так, биологическим аналогом системного подхода и унификации компонентов является клеточное строение, а интеграции – нейронные структуры, пронизывающие все органы живых существ.

В связи с этим следует заметить, что все методы искусственного интеллекта, по существу, являются результатом копирования опыта живой природы, причём пока только в части вербального мышления, составляющего лишь очень малую часть мышления человека.

Структура и принципы интеграции мехатронной системы.

Рассмотрим обобщённую структуру машин с компьютерным управлением, ориентированных на задачи автоматизированного машиностроения.

В основу построения структурной схемы положена структура автоматических роботов, введённая академиком **Е.П. Петровым**.



Блок-схема традиционной машины с компьютерным управлением.

Внешние среды укрупнено можно разделить на 2 основных класса:

**детерминированные и не детерминированные.**

Состав машины с компьютерным управлением.

Механическое устройство, конечным звеном которого является рабочий орган;

Блок приводов, включающий силовые преобразователи и исполнительные двигатели;

Устройство компьютерного управления (УКУ), в состав которого входят компьютер верхнего уровня контроллеры управления движением. Верхним уровнем УКУ является человек-оператор или другая ЭВМ, входящая в вычислительную сеть.

Сенсоры – устройства, предназначенные для передачи в УУ информации о фактическом состоянии блоков системы, внешней среды и движения МС.

**УКУ выполняет следующие основные функции:**

Управление процессом механического движения ММ или многомерной системы в реальном времени с обработкой сенсорной информации;

Организация управления функциональными движениями МС, которая предполагает координацию управления механическим движением МС и соответствующими внешними процессами. Как правило, для реализации функции управления внешними процессами используются дискретные входы/выходы устройства, обозначаемые 1/0.

Взаимодействие с человеком-оператором через человеко-машинный интерфейс в режимах программирования и непосредственно в процессе движения МС;

Организация обмена данными с периферийными устройствами, сенсорами и другими устройствами системы.

Для сопряжения элементов в систему традиционно вводят специальные интерфейсные устройства *И1 – И7*.

*Примеры* межблоковых интерфейсов, которые встречаются в машинах с компьютерным управлением, в частности, в станках с ЧПУ, промышленных роботах.

**И1** – комплекс *сетевых аппаратно-программных средств* для сопряжения УКУ с компьютерной сетью, либо это интерфейс *человек – машина*, если цель управления МС задаётся непосредственно человеком.

**И2** – интерфейс для формирования управляющих электрических напряжений для исполнительных приводов. Интерфейс, обычно, включает в себя ЦАП и усилительно-преобразующие устройства.

**И3** – интерфейс, включающий, как правило, механические передачи, связывающие исполнительные двигатели со звеньями механического устройства. Конструктивно – это редукторы, муфты, гибкие связи, тормоза и т. д.

**И4** – интерфейс, используемый на входе УКУ в случае применения в МС сенсоров с аналоговыми выходными сигналами. В состав таких интерфейсов, как правило, включаются АЦП.

**И5, И6, И7** – интерфейсы, устройство которых зависит от физического характера входных переменных состояния системы. Они могут быть электрическими или механическими.

**К механическим интерфейсам** относятся присоединительные устройства для датчиков обратной связи приводов.

**К электрическим интерфейсам** относятся преобразователи сигналов о переменных состояния системы в электрические сигналы.

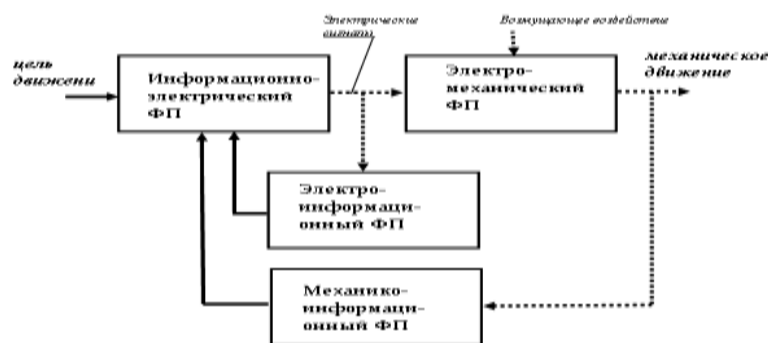
Важно: *связь всех элементов с УКУ предусматривает не только аппаратное сопряжение, но также соответствующее программное обеспечение (операционную систему, драйверы) для организации обмена данными в режиме реального времени.*

При традиционном проектировании интерфейсы представляют собой отдельные самостоятельные устройства и узлы. Обычно, это сепаратные (отдельные) блоки, выпускаемые специализированными фирмами, или изготавливаемые разработчиками.

**Принципиальное различие мехатронного и традиционного подходов к проектированию и изготовлению модулей и машин состоит в концепции технической реализации функциональных преобразователей.**

**Т.о., задачей МС является преобразование информации о цели управления, поступающей с верхнего уровня, в целенаправленное функциональное движение системы с управлением по принципу обратной связи.**

**Блок-схема автоматической машины с компьютерным управлением, построенная на основе мехатронного подхода**



ФП – функциональный преобразователь

Сравнивая блок-схемы МС на основе традиционных и мехатронных подходов можно сделать вывод, что количество преобразующих, в том числе и интерфейсных блоков в традиционной машине с компьютерным управлением избыточно по отношению к минимально-необходимому числу информационно-энергетических ФП.

**Преимущества** такого объединения.

Выигрыш в стоимости;

Исключение необходимости внешнего монтажа кабелями;

Меньшие габариты, лучший дизайн.

**Недостаток:** система не гибкая, оба устройства могут эксплуатироваться и восстанавливаться только совместно.

*Суть мехатронного подхода к проектированию состоит в интеграции в единый функциональный модуль двух или более элементов различной физической природы.*

Т.е. на стадии проектирования из традиционной структуры машины *исключается как сепаратное устройство, по крайней мере, один интерфейс* при сохранении *физической сущности преобразования*, выполняемого данным модулем.

*Сущность мехатронного подхода состоит в том, что он направлен на интеграцию конкретного класса элементов (механических, электронных, компьютерных и т.д.), которые имеют принципиально различную физическую природу и предназначены для реализации сложного функционального движения.*

Аппаратное объединение элементов в конструктивные модули должно **обязательно сопровождаться разработкой интегрированного программного обеспечения**, т.е. комплекса аппаратно-программных средств, ориентированных на конкретные прикладные задачи.

Для реализации сформулированного мехатронного подхода следует определить **локальные точки интеграции элементов в единый функциональный модуль**.

Потенциально возможные точки аппаратной интеграции и структуры соответствующих ММ представлены в таблице

мехатронный модуль	исходные элементы		
	базовый элемент	дополняющий элемент	исключаемый интерфейс
интеллектуальный силовой преобразователь	силовой преобразователь	микропроцессор	И2
приводной модуль	исполнительный двигатель	механическое устройство	И3
интеллектуальный сенсор	сенсор	микропроцессор	И4



мехатронный модуль движения	приводной модуль	сенсор	И3, И5
очувствлённый рабочий орган	рабочий орган	сенсор	И6

### **Заключение.**

На практике целесообразно строить ММ, **опираясь сразу на несколько узлов интеграции**, и создание таких модулей представляет наибольший интерес в теоретическом и прикладном планах для мехатроники, как новой науки.

### **Контрольные слова.**

1. На каком формализме НЕ основаны логические модели?
2. Кто разработал первый нейрокомпьютер?
3. Какие задачи не решают нейронные сети?
4. Какую функцию не может решить однослойная нейронная сеть?
5. Что из ниже перечисленного относится к перцептронну?
6. Кто написал книгу «Перцепторны»?
7. Какую нейронную сеть обучают с помощью дельта-правила?
8. Какую нейронную сеть обучают с алгоритма обратного распространения ошибки?
9. Какие из перечисленных сетей являются рекуррентными?
10. Кто считается «отцом» генетических алгоритмов?

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ИТЕРАТУРЫ**

1. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.
2. Азизходжаева Н.Н. Педагогик технологиялар ва педагогик махорат. – Т.: “Молия”, 2003. – 192 б.
3. Арипов М. Интернет ва электрон почта асослари.- Т.; 2000. – 218 б.
4. Баркалов С.А. Системный анализ и принятие решений.– “Воронеж”: НПЦ ВГУ,2010. 662с.
5. DUET-Development of Uzbekistan English Teachers- 2-том. CD ва DVD материаллари, Т. 2008.
6. Michael McCarthy “English Vocabulary in use”. Cambridge University Press, 1999, Presented by British Council.
7. Исмаилов А.А, Жалалов Ж.Ж, Саттаров Т.К, Ибрагимходжаев И.И. Инглиз тили амалий курсидан ўқув-услугий мажмуа. Basic User/ Breakthrough Level A1/-Т.: 2011. – 182 б.
8. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Таълимда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2008. – 180 б.
9. Ишмухамедов Р., Абдуқодиров А., Пардаев А. Тарбияда инновацион технологиялар (таълим муассасалари педагог-ўқитувчилари учун амалий тавсиялар). – Т.: “Истеъдод” жамғармаси, 2009. – 160 б.
10. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. Учебное пособие.М.: Изд. МГТУ им. Н.Баумана.2002.-336с.
11. Симонович СВ., Евсеев Г.А., Мураховский В.И. WINDOWS: лаборатория мастера: Практическое руководство по эффективным приемам работы с компьютером - М.: АСТ-ПРЕСС: «Информком-Пресс», 2000. - 656 с.
12. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. Учебное пособие.– Санкт-Петербург: Издательский дом «Бизнес-пресса»,2000.–17с.

13. Зеер Э.Ф., Шахматова Н. Личностью ориентированные технологии профессионального развития специалиста. – Екатеринбург, 1999. – 244 с.
14. Саттаров Э., Алимов Х. Бошқарув мулоқоти. – Т.: “Академия”, 2003. – 70 б.
15. Махмудов И.И. Бошқарув психологияси. – Т.: 2006. – 230 б.
16. Махмудов И.И. Бошқарув профессионализми: психологик таҳлил. – Т.: “Академия”, 2011.-154 б.
17. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
18. Благовещенская, М. М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. Учеб. для вузов/М. М. Благовещенская, Л. А. Злобин.— М.: Высш. шк., 2005.
19. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004.
20. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курсу «Теория управления». SIMULINK – моделирование в среде MATLAB. Учебное пособие. –М.: МГУИЭ. 2002.
21. Вальков В. М., Вершин В. Е., Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – С-Пб.: Политехника, 2001.
22. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув кўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент: ТошДТУ, 2007.
23. Иванец В.Н., Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие.– Кемерово: КТИПП, 2006. – 172 с
24. Каменских И.А. Ведерников В.А. Овчинникова В.А. Процессы и аппараты нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. – 192 с.
25. Юсупбеков Н.Р. ва бошқалар. Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Тошкент: Ўқитувчи. 2011. Федеров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие.-М.: Инфра-Инженерия, 2008.-928 с.
26. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. –М.: Изд-во МЭИ. 2004.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗАНЯТИЕ

### 1 – Тема: Знакомство с математическим пакетом MathCAD. Выполнение простейших вычислений (4 часа)

**Цель работы.** Ознакомиться и получить навыки выполнения простейших вычислений в пакете MathCad.

Методические указания

MathCad является интегрированной системой, ориентированной на проведение математических и инженерно-технических расчётов. Он объединяет понятность, ясность, простоту в обращении при вычислениях и т.п. с простотой в обращении, свойственной электронным таблицам.

Документ MathCad, на котором могут быть совмещены текст, графика и формулы, выглядит как страница научной статьи или учебника, при этом формулы являются «живыми» – стоит внести изменения в одну из них, как MathCad пересчитает результаты, перерисует графики и т.д. [1].



После запуска приложения MathCad открывается окно, как показано на рис. 1.

Рис. 1. Рабочее окно системы MathCAD

Основные команды MathCAD

Главное меню системы MathCAD представлено набором команд, общим для большинства приложений операционной системы MS Windows, а также командами, представляющими специфические возможности.

Меню **File** – работа с файлами.

Меню **Edit** – редактирование документов.

Меню **View** – настройка элементов окна. Команды меню **View** представлены на рис. 2.

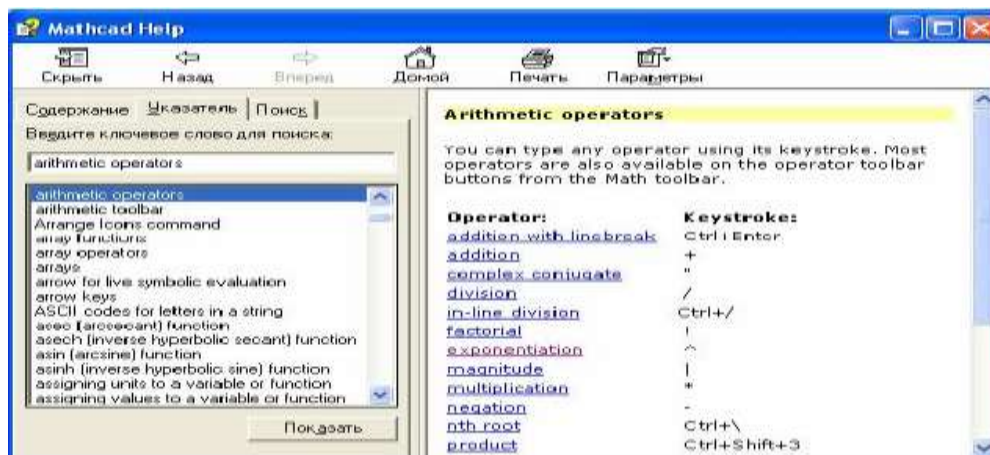


Рис. 2. Окно меню справки

Меню **Insert** – позволяет помещать в MathCAD документ графики, функции, матрицы, гиперссылки, компоненты и настраивать объекты.

Меню **Format** – содержит команды, предназначенные для задания различных параметров, определяющих внешнее представление чисел, формул, текста, абзацев, колонтитулов и т.д.

Меню **Math** – позволяет установить режимы и параметры вычислений.

Меню **Symbolics** – реализует символьные вычисления.

Меню **Window** – содержит команды для упорядочения взаимного расположения нескольких окон и позволяет активизировать одно из них.

Меню **Help** – информационный центр и справочники. Команда Help открывает окно, представленное на рис. 3.

Кнопки панели Math

Одна из сильных сторон MathCAD – это представление и ввод математических символов и выражений в привычной для человека форме. Открыть соответствующую панель инструментов можно с помощью команды главного меню View → Toolbars. Для удобства работы ссылки на них объединены на панели Math (рис. 3).



Рис. 3. Рабочее окно системы MathCAD с развёрнутыми панелями инструментов панели Math

На панели Math расположены 9 кнопок. Каждая из кнопок, в свою очередь, открывает панели инструментов специального назначения. Это следующие кнопки (в развёрнутом виде эти панели представлены на рис. 3.):

**Calculator.** На этой панели находятся кнопки для задания математических операций, а также некоторых часто используемых функций. Эту кнопку можно использовать как калькулятор.

**Boolean** – для ввода операторов сравнения и логических операций.

**Evaluation** – содержит кнопки для ввода операторов присвоения значений переменных и функций.

**Graph** – инструменты для построения графика.

**Vector and Matrix** – инструменты для работы с векторами и матрицами.

**Calculus** – представляет математические выражения с элементами интегрирования, дифференцирования в привычном виде. Кнопки этой панели позволяют вычислять значения пределов, сумм, произведений.

**Programming** – инструменты для написания программ.

**Greek Symbol** – графический алфавит.

**Symbol** – Для символьных вычислений.

Запись команд в рабочем документе системы MathCAD

Запись команд в системе MathCAD на языке очень близка к стандартному языку математических расчётов выполнимых на бумаге, что значительно упрощает постановку

и решение задач. В результате главные аспекты решения математических задач смещаются с их программирования на алгоритмическое и математическое описание.

MathCad реализует вычисления в строго определённом порядке, как это делает человек: читая страницу книги, т.е. слева направо и сверху вниз. Правильный порядок выполнения блоков – основа правильного функционирования системы при обработке документа.

Сигнал ошибки в системе имеет вид всплывающей надписи, заключённой в прямоугольник.

Используемые типы констант

В системе MathCAD предусмотрены следующие типы данных:

1. Целые (2, -54,+43).
2. Вещественные (1.3, -2.23).
3. Комплексные (2.5+7i). Следует иметь в виду, что при записи мнимой единицы следует использовать специальную кнопку панели Calculus.
4. Строковые. Обычно это комментарии вида: «Вычисление суммы».
5. Системные. Системная константа – это предварительно определённая переменная, значение которой задаётся в начале загрузки системы. Примерами таких констант являются числа  $e$  или  $\pi$ .

Простые вычисления

Результат арифметического выражения отображается, если после него стоит знак « $\Rightarrow$ » или знак « $\rightarrow$ ». В первом случае результат представляется в *численном* виде, а во втором – в *символьном*.

Пример символьного вычисления:

$$\frac{2.45}{6.178} + \frac{4}{52} - 76 - \frac{8}{87} \rightarrow -75.618462477305312281$$

При выполнении вычислительной системой арифметического выражения используются знаки арифметических операций с приоритетами, принятыми в обычной математике. Выражение может содержать также другие операции:

- извлечение корня;
- возведение в степень;
- интегрирование и дифференцирование;
- знаков факториала и суммирования и т.д.

Часть этих операций можно «взять» на панели Calculator. Примером записи выражения может быть:

$$4.5 \cdot (\sqrt[5]{56.3} + \sqrt{14.356}) + 5.2^{1.8} - 4.89 + \frac{6.52}{4.78} = 43.046$$

Количество значащих цифр, отображаемых при вычислении, можно регулировать с помощью главного меню **Format**→**Result**. В этом случае команда предоставит диалоговое окно, как это показано на рис. 4, в котором следует переустановить параметры для вывода результата.

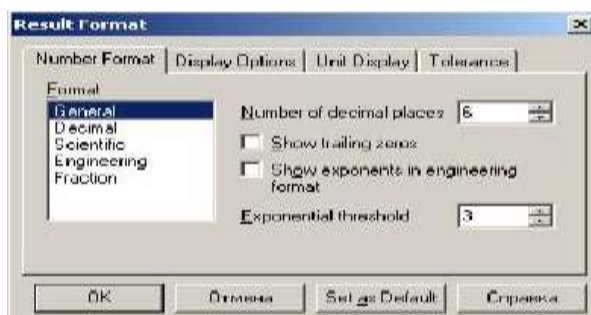


Рис. 4. Рабочее окно команды главного меню Format (формат Result)

Ниже приведён результат символьного вычисления арифметического выражения:

$$\frac{25}{47} - 3^{-3} + \frac{7}{3} \cdot 2.5 + \pi \rightarrow 6.2541371158392434988 + \pi \text{ float},4 \rightarrow 9.396$$

После знака «→» отображён результат символьного вычисления. Для замены результата символьного вычисления численным значением применена команда float, расположенная на панели Symbolic. Эта команда представляет шаблон, в котором пользователю предлагается задать количество знаков (цифр) для отображения результата.

### Использование встроенных функций

В системе MathCAD имеется множество встроенных функций. Для избегания возможных ошибок не рекомендуется имя функции вводить с клавиатуры. Наиболее часто используемы функции, такие как sin, cos, ln, ..., можно задать, используя их обозначение на панели инструментов Calculator. К другим функциям можно обратиться с помощью команды главного меню Insert, либо с помощью команды (кнопки)  $f(x)$ . В окне, которое представляет команда (рис. 5), пользователь может установить категорию функции, познакомиться с примером её записи и спецификацией (описанием), а затем произвести нужный выбор. После этого система представляет пользователю шаблон, в который требуется вписать необходимые параметры.



Рис. 5. Рабочее окно команды вставка функции Insert→ Function

Особенностью функции является возврат значения, т.е. функция в ответ на обращение к ней по имени с указанием её аргументов должна вернуть своё значение.

### Определение переменных и пользовательских функций

В системе MathCAD, как и в любых других языках программирования, каждой ячейке памяти соответствует имя-идентификатор, которое выбирается в соответствии с установленным синтаксисом системы. Идентификаторы в MathCAD могут состоять из букв латинского или греческого алфавита и цифр, но в начальной позиции может стоять только буква. Идентификатор не должен совпадать со служебными словами, предусмотренными в системе. Следует иметь в виду, что MathCAD различает малые и заглавные буквы.

#### Локальные и глобальные переменные

Как и в других языках программирования в MathCAD различают локальные и глобальные переменные. Присваивание локальным переменным своё значение в системе MathCAD реализуют с помощью знака «:=». Для этого достаточно ввести знак двоеточие.

Глобальная переменная вводится следующим образом:

**переменная~выражение.**

Вид, который принимает в документе введённое таким образом присваивание:

**переменная ≡ выражение.**

Отличие глобальных переменных от локальных переменных в том, что глобальные переменные могут использоваться в любом месте документа (в том числе, слева от их определения и над ним).

### Определение и использование пользовательских функций

Важным инструментом в математических вычислениях являются **пользовательские функции**. Функции особенно целесообразно использовать, когда приходится производить многократные вычисления по одним и тем же формулам, но с разными исходными данными.

Чтобы воспользоваться собственной функцией, нужно:

1. Описать функцию.
2. Вызвать описанную функцию для выполнения.

Для определения функции используются идентификаторы: имя функции и имена формальных параметров функции.

*Формальный параметр* – это идентификатор, конкретное значение которого определяется путём замены его на соответствующее ему значение фактического параметра при обращении к функции. Функции однозначно ставят в соответствие значениям аргументов (формальным параметрам) значения фактических параметров функции.

Формат определения функции:

**Имя\_функции (список формальных параметров):=выражение**

Вызов пользовательской функции производится подобно тому, как в случае вызова любой стандартной функции.

Можно поместить результат в отдельную переменную:

**Имя\_переменной\_результата:=Имя\_функции (список формальных параметров)**

Или напечатать:

**Имя\_функции(список формальных параметров)=**

**Пример 1.** Требуется определить функцию *Dist*, которая будет возвращать расстояние заданной точки от начала координат. Использовать эту функцию для вычисления расстояния от точки  $A(1.96; -3.8)$  и  $B(6; 42.5)$  до начала координат.

*Решение.* Из курса линейной алгебры известно, что расстояние от начала координат до некоторой точки  $A(x,y)$  определяется по формуле  $d = \sqrt{x^2 + y^2}$ . Здесь  $(x, y)$  – координаты заданной точки. Эта формула и будет составлять основу функции *Dist*. При описании функции следует предусмотреть два формальных параметра – координаты точки. На это место этих параметров должны будут вписаны фактические координаты заданных точек.

В соответствии с формулой определения расстояния от точки на плоскости до начала координат функция *Dist* может быть записана в виде:

$$Dist(x, y) := \sqrt{x^2 + y^2}$$

А обращение к функции для вычислений расстояний от заданных точек может быть представлено как:

$$Dist(1.96, -3.8) = 4.276$$

$$P := Dist(6, 42.5)$$

$$P = 42.921$$

Во втором случае результат помещается во вспомогательную переменную.

### Определение переменных, принимающих значения из заданного промежутка

В системе MathCad предоставлена возможность определения переменных, принимающих значения из заданного промежутка, причём соседние значения удалены на

равные расстояния друг от друга. При этом задаётся только начальное значение, следующее значение и конечное значение.

В качестве переменных, принимающих значение из промежутка, можно использовать только идентификаторы без индексов.

Формат определения переменной:

**Имя\_переменной := начальное\_значение, начальное\_значение + шаг.. конечное\_значение.**

Если конечное значение при данном значении шага не достигается точно, последним значением переменной будет наибольшее значение из заданного промежутка, не превышающее конечное значение.

Кроме того MathCAD предоставляет возможность не задавать следующее значение, если шаг по величине совпадает со значением 1 или -1.

В этом случае формат определения переменной можно представить в виде:

**Имя\_переменной := начальное\_значение .. конечное\_значение**

**Пример 2.** Требуется получить таблицу значений функции  $f(x) = \frac{x}{1+x^2}$  на интервале  $[a,b]$  с шагом  $h$ .

*Решение.* Решение задачи можно свести к выполнению следующих шагов:

1. Определить функцию  $f(x)$ .
2. Задать  $a, b, h$ .
3. Задать переменную (например,  $t$ ), принимающую значение из промежутка на интервале  $[a, b]$  с шагом  $h$ .
4. Получить таблицу значений функции для переменной  $t$ .
5. На рис. 6. представлен фрагмент документа с решением задачи.

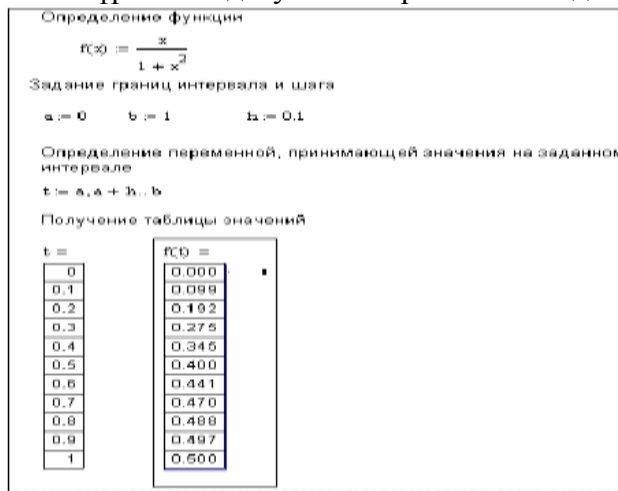


Рис. 6. Получение таблицы значений функции на заданном интервале с постоянным шагом

### Построение графиков в декартовой системе координат

Все основные типы графиков и инструменты работы с ними расположены на рабочей панели Graph семейства Math. На этой панели вы можете найти ссылки на семь типов графиков. Остановимся на декартовой системе координат.

В MathCAD существует несколько способов построения графиков, однако, первый шаг для всех способов будет один и тот же. Этим первым шагом является введение специальной заготовки для будущего графика – так называемой графической области. Ввести графическую область, как для декартового, так и для любого другого графика можно либо на панели Graph, либо командой одноимённого подменю меню Insert.

Графическая область представляет собой две вложенные рамки, как это показано на рис. 7, а.



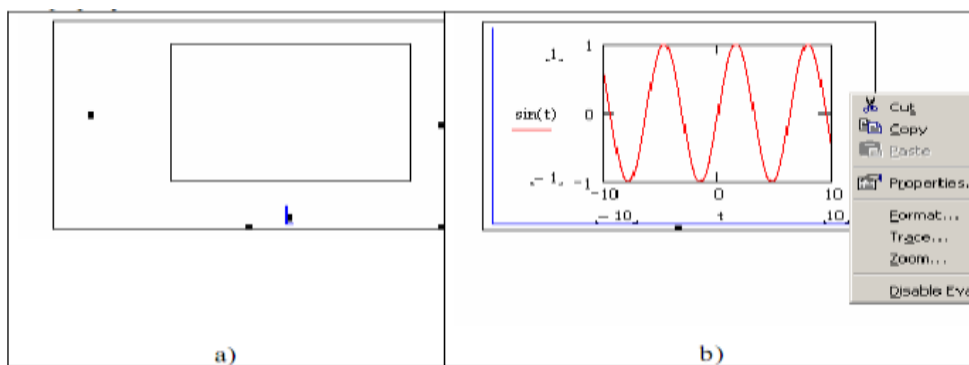


Рис. 7. Графическая область в декартовой системе координат

После того как графическая область будет введена, в общем случае требуется задать два соразмерных вектора, определяющих значения координат точек. Сделать это можно различными способами. Наиболее прост быстрый способ.

**Быстрый метод:** пользователь задаёт только имя переменной и вид функции, а **шкалы осей и величину шага между узловыми точками автоматически определяет система.**

Для построения графика функции по быстрому методу, необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Введите графическую область.
2. В специальном маркере, расположенном в центре под внутренней рамкой графической области, задайте имя независимой переменной.
3. В центральный маркер, расположенный слева от внутренней рамки, введите функцию или имя функции (если функцию определить раньше переменной, то работа даже упрощается, так как независимая переменная будет задана автоматически).

На рис. 7, *b* показан график функции  $y = \sin(x)$ , построенный по быстрому методу.

### Варианты заданий к практическому занятию № 1

#### Задания:

1. Рассчитать выражения в соответствии с вариантом, используя встроенные функции, вывести на экран вспомогательные слова. Ответ должен содержать  $m$  знаков после запятой, переменную  $x$  определить в соответствии с областью определения.
2. Получите таблицу значений функции на интервале  $[a, b]$  с шагом  $h$ .
3. Постройте функцию в декартовой системе координат.

#### Вариант 1

$$y = \frac{1 + \sin^2(8 + x^3)}{\sqrt[3]{8 + x^3}}, m = 4, a = -5, b = 5, h = 1.$$

#### Вариант 2

$$y = \frac{\sqrt[3]{x + 16}}{\lg^2 x}, m = 3, a = 10, b = 14, h = 0.5.$$

#### Вариант 3

$$y = \frac{1 + \lg^2 \frac{x}{10}}{1 - e^{\frac{x}{2}}}, m = 2, a = 2, b = 8, h = 0.5.$$

#### Вариант 4

$$y = \sqrt[4]{|x^2 - 2,5|} + \sqrt[3]{\lg x^2}, m = 4, a = 10, b = 15, h = 1.$$

#### Вариант 5

$$y = \frac{2^x - 3^x}{\lg \left| \frac{2}{3} \right|} \sqrt[3]{x}, m = 3, a = 3, b = 8, h = 1.$$

**Вариант 6**

$$y = \frac{27 + \sin^2 3x}{\arccos(2x) + e^{-x/2}}, m = 2, a = -3, b = 2, h = 1.$$

**Вариант 7**

$$y = \frac{\lg(x^2 - 1)}{\log_5(4x^2 - 9)}, m = 4, a = 4, b = 11, h = 1.$$

**Вариант 8**

$$y = \frac{\arccos(x^2 - 25)}{\arcsin(x^2 - 4)}, m = 3, a = -2, b = 3, h = 1.$$

**Вариант 9**

$$y = \arcsin(x^4) + \arccos(x^3), m = 2, a = -5, b = 5, h = 1.$$

**Вариант 10**

$$y = 5^{x^2 - 1} - \lg(x^2 - 1) + \sqrt[3]{x^2 - 1}, m = 4, a = 5, b = 10, h = 1.$$

## 2 – ТЕМА: ПРОГРАММИРОВАНИЕ В MATHCAD» (4 ЧАСА)

**Цель работы.** Приобрести навыки программирования в математическом пакете MathCAD.

### Методические указания

Функции являются важнейшим инструментом математики. В практической работе № 2 представлена технология работы с пользовательскими функциями, которые можно описать с помощью одного выражения. Если описания функции нельзя уместить в одно выражение, то без элементов программирования обойтись сложно.

Язык программирования MathCAD содержит все элементы языка высокого уровня, необходимые для математических расчетов. Будучи дополненным сотнями встроенных функций и операторов системы, возможностями численного и символьного расчета различных величин, он по эффективности не уступает профессиональным системам программирования. Кроме того, у него есть одно очень крупное преимущество: язык программирования MathCAD предельно прост (а по изящности и наглядности в оформлении алгоритмов вообще не имеет аналогов).

Как правило, при использовании функций, встроенных в систему MathCAD, пользователи не задумываются о том, на основании каких методов и решений достигается цель, поставленная перед функцией. Такая встроенная функция используется по типу «черного ящика» – пользователь познакомился с ее описанием/спецификацией, вызвал для решения, получил ответ.

При программировании пользовательских функций будем придерживаться «созвучного» порядка, т.е. идти от спецификации к программированию.

### Спецификация функций

Спецификация функции состоит из ее заголовка и описания назначения – выходного значения или результата работы функции. Для примера можно обратиться к мастеру функций и более внимательно посмотреть на предоставляемые им для его функций описания. На рис. 1 открыта страница со спецификацией функции `norm`.

Заголовок содержит имя функции (`norm`) и список формальных параметров (`m`, `mu`, `sigma`). Каждая пользовательская программа – функция MathCAD должна иметь оригинальное имя, используя которое будет осуществляться обращение к этой программе-функции. Через это же имя (и только через это имя) «возвращается» в рабочий документ результат выполнения программы-функции.

Через формальные параметры «внутри» программы-функции «передаются» данные, необходимые для выполнения вычислений внутри программы. В качестве формальных параметров могут использоваться имена простых переменных, массивов и функций. Формальные параметры отделяются друг от друга запятой.

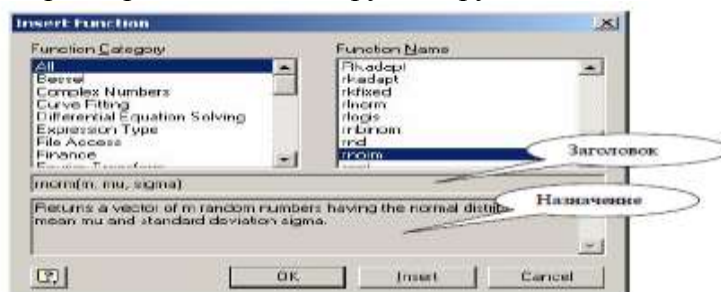


Рис. 1. Спецификация функций, представляемая мастером функций

При описании назначения функции необходимо сказать, что возвращает функция в качестве своего результата (в описываемой функции `norm` возвращает вектор нормально распределенных случайных значений). При этом обязательно нужно пояснить роль каждого из формальных параметров, перечисленных в заголовке ( $m$  – количество значений,  $\mu$  – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение).

## Программирование функций

Для написания программ-функций в системе MathCAD предусмотрена специальная панель программирования – Programming (Программирование), содержащая все операторы и элементы языка.

Общий вид панели Programming представлен на рис. 2. Операторы в программу вставляются только с помощью кнопок этой панели.

Назначение основных команд, представленных на панели:

Add Line – добавление новой строки в программу или создание заготовки программы из двух строк, если программы еще не существует;

← – присвоение значения локальной переменной;

if – условный оператор. Позволяет в зависимости от условия выполнять или не выполнять те или иные действия;

otherwise – используется сразу после оператора if и позволяет выполнить определенные действия при невыполнении условия в операторе if;

for – оператор создания цикла со счетчиком;

while – оператор создания цикла, выполнение которого продолжается до тех пор, пока выполняется указанное условие. continue – продолжить вычисления в цикле;

break – прервать вычисления в цикле;

return – оператор возврата;

on error – оператор перехода при возникновении ошибки.



Рис. 2. Вид панели инструментов Programming (Программирование)

Чтобы написать программу, прежде всего для нее должен быть создан специальный, обособленный от остального документа, программный блок → тело функции. Выглядит он как черная вертикальная линия с маркерами, в которые заносятся те или иные выражения и операторы алгоритма. Чтобы построить единственный элемент программного блока, нажмите кнопку команды Add Line (Добавить линию) панели Programming (Программирование).

Присваивание значений в программах имеет ряд особенностей. Важнейшим из них является то, что присвоение величин используемым алгоритмом функциям и переменным может быть произведено как в самой программе, так и выше нее. Данные два подхода весьма существенно различаются:

Если значение переменной или функции присваивается в программе посредством оператора, то такая переменная или функция будет являться *локальной*. То есть она будет видимой только в рамках программы. Как-то повлиять на объекты вне программы она не сможет (равно, как извне к ней нельзя будет получить доступ).

Если переменная или функция задается выше программы с помощью оператора «:=», то она в программе будет обладать глобальной видимостью. То есть такая переменная или функция будет доступна любому нижележащему объекту, в том числе и коду программ. Однако программа может только прочитать значение глобальной переменной или вызвать глобальную функцию. Изменить каким-либо образом значение глобальной переменной или функции программа не может. Это очень важно учитывать при написании алгоритмов.

Если программа должна осуществлять какую-то модификацию объекта, то результат своей работы она должна возвращать.

Все программы, составляемые в пакете MathCAD, с точки зрения любого языка программирования (например, Turbo Pascal) представляют собой подпрограммы – функции, которые могут возвращать в качестве результата число, вектор или матрицу.

### Описание программы-функции

Перед тем как использовать программу-функцию нужно ее описать. Описание программы-функции размещается в рабочем документе перед вызовом программы-функции и включает в себя заголовок функции и тело функции, соединенные в единое целое с помощью операции присваивания («:=»).

Заметим, что если программа используется для вычисления одного значения, то в своем заголовке она не содержит списка формальных параметров и называется *программой-скаляром*.

Программа-функция может не иметь формальных параметров и тогда, когда данные передаются через имена переменных, определенных выше описания программы-функции. Эти переменные будут являться глобальными для данной функции.

*Технология создания программы-функции* в рабочем документе MathCAD состоит из следующих шагов:

1. Ввести заголовок функции.
2. Ввести знак присваивания «:=».
3. Выполнить команду Add line, расположенную на панели Programming (Программирование). Появившейся на экране шаблон с вертикальной чертой и полями для ввода операторов будут составлять заготовку для тела программы-функции.
4. Вписать операторы в шаблон-заготовку. Тело программы-функции может включать любое число операторов: локальных операторов присваивания, условных операторов и операторов цикла, а также вызов других программ-функций.
5. Самое нижнее поле всегда предназначено для определения возвращаемого программой значения.

**Пример 1.** Требуется подготовить описание функции  $y = \sin \frac{x}{g}$  вычислить значения этой функции при  $x = 4.15$  и  $g = 1.854$ .

**Решение.** Заметим, что при вычислении  $y$  можно обойтись без описания и использования пользовательской функции и тем более без программирования, как это показано на рис. 3, а. Использование функции следует из требования к задаче для простоты изложения. Для нахождения значения функции «внутри» программы-функции следует передать значения  $x$  и  $g$ , необходимые для выполнения вычислений внутри программы. Поэтому переменные  $x$  и  $g$  следует включить в список формальных параметров заголовка создаваемой функции. Назовем эту функцию –  $y$ . Тогда подготовка описания функции, и ее выполнение в соответствии с описанной технологией могут быть выполнены, как это представлено на рис. 4.

a)	b)	c)
$x := 4.15$ $g := 1.854$ $R := \sin\left(\frac{x}{g}\right)$ $R = \bullet$	$T := \left  \begin{array}{l} t1 \leftarrow \frac{x}{g} \\ \sin(t1) \end{array} \right.$	$D := \left  \begin{array}{l} t1 \leftarrow \frac{x}{g} \\ t2 \leftarrow \sin(t1) \\ t2 \end{array} \right.$

Рис. 3. Демонстрация элементов программирования простых выражений

В данном примере введена вспомогательная локальная переменная  $t$  для вычисления значения функции. И эта переменная расположена в последней строчке программного блока. В пункте (б) приведена операция вычисления функции для фактических значений. На рис. 3, б, с приведены другие варианты решения поставленной задачи.

$y(x, g) := \cdot$	$y(x, g) = \cdot$	$y(x, g) = \left  \begin{array}{l} \leftarrow \sin\left(\frac{x}{g}\right) \\ \cdot \end{array} \right.$	$y(4.15, 1.854) = 0.785$
(1-2)	(3)	(4-5)	(6)

Рис. 4. Пошаговое создание и выполнение программы-функции

В примере, представленном на рис. 3, в первой колонке *a* для вычисления значения  $y = \sin \frac{x}{g}$  используется базовый набор средств без элементов программирования. Во второй *b* и третьей *c* колонках производятся точно такие же вычисления, но с использованием элементов программирования. Обе программы (*b* и *c*) можно считать эквивалентными, так как возвращают они одно и то же значение, которое располагается в последней строке программируемой части. В (*b* и *c*) мы имеем дело с программой – скаляром, так как они используются для вычисления одного значения и не имеют формальных параметров.

Внутри программ (*b* и *c*) используются *глобальные* переменные *g* и *–* из документа. Значения этих переменных определены заранее. Обе программы из примера, представленного на рис. 3, в своей программируемой части содержат операторы присваивания с использованием локальных переменных. Переменные, созданные внутри программы с таким видом присваивания, являются внутренними, и доступ к ним может осуществляться только в самой программе.

2. В программной части используются глобальные переменные обычно *только как операнды* в выражениях.

2. Присвоить глобальным переменным значения внутри программы можно только локальным образом. После выхода из программы эти переменные сохраняют свои «глобальные» значения.

3. Использование «обычного» оператора присваивания «:=» в теле программы-функции приводит к синтаксической ошибке.

4. Последняя строка программы не должна содержать управляющих операторов. Эта строка задает значение, возвращаемое программой, т.е. получает результат вычислений и может содержать имя локальной переменной результата (рис. 4, *c*) или выражение, вычисляющее результат (рис. 4, *b*).

5. Обычно программа содержит больше чем две строки, поэтому рекомендуется сразу задавать блок из 5–6 маркеров.

6. Добавление недостающих полей для ввода дополнительных операторов производится с помощью кнопки Add line панели программирования. При этом поле ввода добавляется внизу выделенного к этому моменту оператора.

7. Для удаления того или иного оператора или поля ввода из тела программы-функции, нужно заключить его выделить и нажать клавишу <Delete>.

8. Программный блок можно создать и внутри уже заданного блока (вложенный блок). Для этого следует использовать один из стандартных способов: поставить курсор в маркер соответствующего оператора программирования и выполнить Add line.

9. Иногда при написании программы бывает нужным добавить строку к уже созданному блоку. Чтобы это сделать, поставьте курсор в ту строку блока, выше или ниже которой должна быть введена строка, и нажмите клавишу <Пробел>. При этом строка будет выделена и можно будет произвести добавление одним из стандартных способов.

10. Положение вставляемого маркера определяется положением вертикальной черты курсора. Если она находится слева от выделенного выражения, то маркер будет добавлен выше выделенной строки, если справа – то ниже.

11. Чтобы развернуть курсор в нужную сторону, нажмите клавишу <Insert>.

12. Чтобы добавить строку к целому блоку, его следует выделить, дважды нажав клавишу <Пробел>.

13. В том случае, если программа содержит блоки различных уровней, то для добавления строки, например, к первому блоку, нажмите клавишу <Пробел> несколько раз: при каждом нажатии будут выделяться блоки более низкого уровня.

**Пример 2.** Требуется найти действительные корни квадратного уравнения  $ax^2 + bx + c = 0$ , где  $a, b, c$  – любые действительные числа и  $a \neq 0$ . Известно, что в зависимости от знака дискриминанта  $d = b^2 - 4ac$  действительные корни уравнения могут быть получены по формуле

$$x_{1,2} = \begin{cases} \frac{-b \pm \sqrt{d}}{2a}, & \text{если } d > 0 \\ \frac{-b}{2a}, & \text{если } d = 0 \end{cases}$$

Блок-схема этого алгоритма показана на рис. 5.

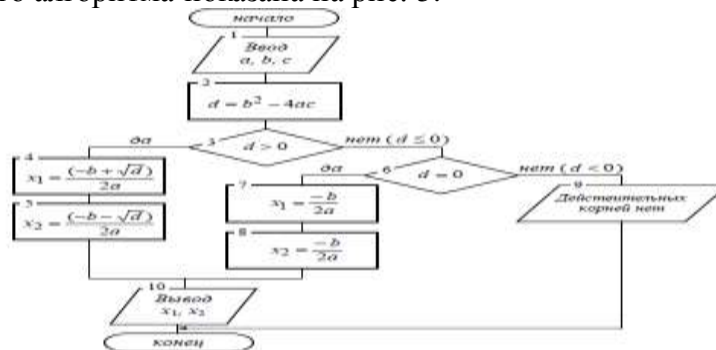


Рис. 5. Блок-схема вычисления действительных корней квадратного уравнения

**Решение.** Опишем вычисление корней в виде программы-функции. Спецификацию для этой функции можно записать следующим образом.

Функция  $R(a, b, c)$  возвращает значения действительных корней квадратного уравнения  $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$  или сообщает о том, что уравнение не имеет корней. Здесь  $a, b, c$  – коэффициенты уравнения.

Очевидно, что в данном случае мы имеем дело с ветвящимся процессом. *Программирование ветвящихся процессов* требует проверки некоторых условий, в зависимости от которых выбирается вычислительная формула. Для реализации таких вычислений на панели программирования предусмотрен оператор if (если).

Про условный оператор if

1. При включении оператора if в блок программирования появляется шаблон с двумя полями ввода – справа и слева от оператора: ■ if ■.

2. В поле ввода справа от оператора записывается условие. Для ввода условий следует использовать панель Boolean (Логические), где есть кнопки для проверки условий ( $= > < \leq \geq *$ ).

3. В поле ввода слева нужно ввести строку программы (или несколько строк), которая будет выполняться, если введенное условие истинно.

4. Если невыполнение условия должно привести к выполнению какой-либо другой строки (или нескольких строк), то можно в строке, следующей за оператором if, вставить оператор otherwise (иначе). В поле ввода слева от этого оператора надо ввести строку, которая будет выполняться только в том случае, если условие ложно.

5. Чаще всего оператор if используется для задания разрывных или кусочно-непрерывных функций.

Описание функции и примеры ее вызова представлены на рис. 6.

$$R(a,b,c) := \begin{cases} D \leftarrow b^2 - 4ac \\ t \leftarrow \text{"Нет корней"} \text{ if } D < 0 \\ \text{if } D = 0 \\ \quad \left| \begin{array}{l} t_0 \leftarrow \frac{-b}{2a} \\ t_1 \leftarrow \frac{b}{2a} \end{array} \right. \\ \text{if } D > 0 \\ \quad \left| \begin{array}{l} t_0 \leftarrow \frac{-b + \sqrt{D}}{2a} \\ t_1 \leftarrow \frac{-b - \sqrt{D}}{2a} \end{array} \right. \\ t \end{cases}$$

$$R(5,2,1) \rightarrow \text{"Нет корней"} \quad R(1,5,1) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{-5}{2} + \frac{1}{2} \cdot 21^{\frac{1}{2}} \\ \frac{-5}{2} - \frac{1}{2} \cdot 21^{\frac{1}{2}} \end{pmatrix} \text{float,3} \rightarrow \begin{pmatrix} -2.1 \\ -4.79 \end{pmatrix}$$

Рис. 6. Описание функции  $R(a, b, x)$ , предназначенной для вычисления корней квадратного уравнения

**Рекомендуемая последовательность действий при разработке программ-функций:**

1. Подготовить спецификацию функции.
2. Разработать алгоритм решения.
3. Установить, какие переменные помимо формальных параметров (локальные, глобальные переменные) понадобятся для реализации алгоритма.
4. Описать алгоритм словами или в виде блок-схемы.
5. Описать алгоритм в виде программы-функции на языке MathCAD.

**Варианты заданий к практической работе № 2**

**Задания:**

1. Подготовить описание функции, заданной в соответствии с вариантом, вычислить значения этой функции при  $x_1$  и  $x_2$ .
2. Требуется определить функцию, которая выполняет представленные в вариантах задания.

**Вариант 1**

$$1. \quad F = \frac{3y + x^2z}{\pi} \quad \begin{cases} y = \frac{-8x \cdot \sin x}{e^{\sqrt{|x|}}}, & z = \frac{8}{-x}, & x \leq 0; \\ y = \frac{0,8x}{|\sin x|} + \cos(x - \frac{\pi}{3}), & z = \frac{2x}{\sqrt{x^3 - 1}}, & x > 0. \end{cases}$$

$x_1 = -2.34; x_2 = 5.65.$

2. Дана последовательность из  $n$  целых чисел. Найти количество элементов этой последовательности, кратных числу 2 и не кратных числу 3.

**Вариант 2**

$$1. \quad F = \sqrt{|xyz|} - \frac{z}{2+x} \quad \begin{cases} y = \frac{\pi \sin 2x + 2}{\ln(x+2)}, & z = \ln x - 8, & x > 1,5; \\ y = \sqrt{\frac{2x^2 - 1,5}{|\cos 2x - \frac{\pi}{4}|}}, & z = \frac{e^{-x}}{x + 2 \ln |x|}, & x \leq 1,5. \end{cases}$$

$x_1 = 0.564; x_2 = 12.43.$

2. Дана последовательность целых чисел. Найти количество четных элементов этой последовательности.

**Вариант 3**

$$1. \quad F = (xy + z)^2 \quad \begin{cases} y = \frac{(x^2 + \pi)^3}{2x - \operatorname{ctg} \frac{x}{2}}, & z = \frac{|x - \sin 2x|}{\pi}, & x < 0; \\ y = \sqrt{\frac{\ln 2x + 0,5}{15}}, & z = \frac{\pi x}{2x + \cos 3x} + 1, & x > 0. \end{cases}$$

$x_1 = -43.67; x_2 = 5.09.$



2. Дана последовательность целых чисел. Найти сумму минимального и максимального элементов в этой последовательности.

**Вариант 4**

$$1. \quad F = \ln(|y + z|) \quad \begin{cases} y = \frac{\ln(|2x|)}{e^{3x^2}}, & z = \frac{\cos 2x}{\cos^2 x} & x \leq 2,5; \\ y = \frac{2,1x \cdot \lg x}{\sqrt{2x-3}+10}, & z = \frac{\sin 2x}{x + \frac{\pi}{3}} & x > 2,5. \end{cases}$$

$$x_1 = -100.87; x_2 = 25.769.$$

2. Дана последовательность целых чисел. Найти максимальный элемент в этой последовательности.

**Вариант 5**

$$1. \quad F = x + 3 \frac{y}{z} \quad \begin{cases} y = \frac{\arctg(x)}{2+x^2}, & z = \sin 2x & x < 1; \\ y = \frac{|2-x|}{3,1\lg(x)-\pi}, & z = \frac{e^{x+1}}{\sin x - 2\cos 2x} & x \geq 1. \end{cases}$$

$$x_1 = 0.787; x_2 = 76.091.$$

2. Дана последовательность целых чисел. Найти номер минимального элемента в этой последовательности.

**Вариант 6**

$$1. \quad F = e^{xy} - z \quad \begin{cases} y = \frac{|\lg x| - 2}{\sqrt{|x| + x^2}}, & z = \frac{1}{\sin(x) - \frac{\pi}{3}}, & x < 0; \\ y = 3\operatorname{ctg}x, & z = \frac{\sin x}{2,15 + \cos 3x}, & x \geq 0. \end{cases}$$

$$x_1 = -87.134; x_2 = 12.454.$$

2. Дана последовательность целых чисел. Найти сумму элементов с нечетными номерами из этой последовательности.

**Вариант 7**

$$1. \quad F = 2x^3 + \frac{y}{z} \quad \begin{cases} y = \frac{x^2 - 3x}{\ln 3x - 2}, & z = \frac{\operatorname{ctg}x - 1,1}{\cos x^2 + \sin^3 x}, & x \geq 3,5; \\ y = \frac{\sin^2 x}{1 + \sqrt{\ln|2x|}}, & z = \sqrt[5]{|2x^3|}, & x < 3,5. \end{cases}$$

$$x_1 = 0.0765; x_2 = 543.87.$$

2. Дана последовательность целых чисел. Найти сумму нечетных элементов этой последовательности.

**Вариант 8**

$$1. \quad F = \frac{\sin x + \cos 2y}{z + \frac{\pi}{4}} \quad \begin{cases} y = \frac{|x+2|-2}{3\sqrt{|x^3|}}, & z = \frac{x + \sin x}{\cos x - 1,2} & x < 0; \\ y = \frac{e^{\sqrt{x}} + 1}{\sqrt[3]{x^2} + 2}, & z = \frac{\cos x + 1}{x^3 - \sqrt{3x^2}3} & x > 0. \end{cases}$$

$$x_1 = -987.76; x_2 = 43.78.$$

2. Дана последовательность целых чисел. Найти сумму элементов с четными номерами из этой последовательности.

**Вариант 9**

$$1. \quad F = \sqrt{xyz^3} - 1 \quad \begin{cases} y = \frac{\arctg x + 1}{\operatorname{ctg}(x - \frac{\pi}{2})}, & z = \frac{\sin x + x^2}{\cos(x+1) - 1}, & x > 0,5; \\ y = x^3 + 2x^2 + 5, & z = \frac{1}{|\operatorname{tg}x + 1|}, & x \leq 0,5. \end{cases}$$

$$x_1 = 0.436; x_2 = 21.677.$$

2. Дана последовательность из целых чисел. Найти сумму элементов с четными номерами из этой последовательности.

**Вариант 10**

1.

$$F = \frac{x + z^2}{(x + y + z)^2} \quad \begin{cases} y = \frac{2x^2 - 5}{\sqrt{x^3} - \frac{x+4}{2}}, & z = \sqrt[3]{3x-2} & x > 0; \\ y = \frac{3x^4 - |5-x|}{\lg|x|+3}, & z = \frac{5x+2}{\lg|x-2|-0,3} & x \leq 0. \end{cases}$$

$$x_1 = -564.876; x_2 = 0.333.$$

2. Дана последовательность из целых чисел. Найти количество элементов этой последовательности, кратных числу  $K$ .