

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО  
«Тульский государственный университет»  
Технический колледж имени С.И. Мосина



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**для выполнения лабораторно-практических работ**

ПМ 07 Разработка технологических процессов изготовления высокоточных изделий в условиях автоматизированного машиностроительного производства

по МДК 07.02. Технологическое и информационное обеспечение автоматизированного машиностроительного производства

для специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)»

Часть II

Тула 2020

УТВЕРЖДЕНЫ

на заседании цикловой комиссии машиностроения

Протокол от «14» *августа* 20 *20* г. № *1*

Председатель цикловой комиссии



Т.В. Валужева

Составитель Т.В. Валужева

Методические указания часть II по МДК 07.02 Технологическое и информационное обеспечение автоматизированного машиностроительного производства ПМ 07 Разработка технологических процессов изготовления высокоточных изделий в условиях автоматизированного машиностроительного производства для специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)» Тула: ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет» Технический колледж имени С.И. Мосина, 2020. - 24 с.

Методические указания в 3-х частях предназначены для выполнения лабораторно-практических работ по МДК 07.02. Технологическое и информационное обеспечение автоматизированного машиностроительного производства для студентов, обучающихся по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)»

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	4
МДК.7.2.Технологическое и информационное обеспечение автоматизированного машиностроительного производства .....	6
Тема 2.5.Станочные приспособления .....	6
Практическая работа №1 .....	6
Тема 2.5.Станочные приспособления .....	10
Практическая работа №2 .....	10
Тема 2.5.Станочные приспособления .....	13
Практическая работа №3 .....	13
Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений .....	15
Практическая работа №4 .....	15
Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений .....	17
Практическая работа №5 .....	17
Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений .....	19
Практическая работа №6 .....	19
Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений .....	21
Практическая работа №7 .....	21

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В результате выполнения лабораторно- практических работ по МДК.7.2.Технологическое и информационное обеспечение автоматизированного машиностроительного производства в рамках ПМ7 Разработка технологических процессов изготовления высокоточных изделий в условиях автоматизированного машиностроительного производства для специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)» обучающийся должен **иметь практический опыт:**

-выбора технологической оснастки;

**уметь:**

- выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку для механической обработки заготовки;

- анализировать и выбирать схемы базирования;

- определять виды и способы получения заготовок;

- оформлять технологическую документацию;

- использовать пакеты прикладных программ для разработки конструкторской документации и проектирования технологических процессов;

**знать:**

- классификацию оснастки;

- методы расчета эффективности применения технологической оснастки;

- способы установки заготовок в приспособлениях, их базирования и закрепления, расчет погрешности базирования;

- возможности использования САПР при разработке конструкторской и технологической документации.

Выполнение практических работ направлено на формирование общих и профессиональных компетенций.

Код	Наименование результата обучения
ПК 7.1	Выбирать необходимое металлообрабатывающее оборудование при разработке технологических процессов.

ПК 7.2	Проводить анализ технологичности изготовления изделия
ПК 7.3	Разрабатывать технологические процессы изготовления высокоточных изделий
ПК 7.4	Назначать технологические операции для станков с числовым программным управлением
ПК 7.5	Использовать системы автоматизированной конструкторской и технологической подготовки производства
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6.	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9	Ориентироваться в частой смене технологий в профессиональной деятельности.
ОК 10	Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

## МДК.7.2.Технологическое и информационное обеспечение автоматизированного машиностроительного производства

### Тема 2.5.Станочные приспособления

#### Практическая работа №1

<b>Тема работы:</b>	Выбор установочных элементов приспособлений		
<b>Цель работы:</b>	<i>уметь:</i>		
	выбирать	установочные	элементы
	приспособлений		
	<i>знать:</i>	виды	установочных элементов
	приспособлений.		

<b>Материально - техническое оснащение:</b>	чертежные инструменты.
<b>Количество часов:</b>	2 часа.

#### **I.Теоретическая часть**

Детали и механизмы приспособления, обеспечивающие правильное и однообразное положение заготовки относительно инструмента, называются установочными элементами (опорами). Длительное сохранение точности размеров этих элементов и их взаимного расположения необходимо учитывать при конструировании и изготовлении приспособлений.

К установочным элементам предъявляются следующие требования:

- число и расположение установочных элементов должно обеспечивать необходимую ориентацию заготовки согласно принятой в технологическом процессе схеме базирования, а также достаточную ее устойчивость;
- при использовании черновых баз с шероховатостью до 3-го класса установочные элементы целесообразно выполнять с ограниченной опорной поверхностью в целях уменьшения влияния погрешностей этих баз на устойчивость этой заготовки;
- установочные элементы по возможности не должны повреждать технологические базы заготовки, что особенно важно при ее установке на точные базы, не подвергаемые дальнейшей обработке;

- установочные элементы должны быть жестко зафиксированы.

Для повышения жесткости крепления целесообразно улучшать качество сопряжения установочных элементов с корпусом приспособления, применяя шлифование, а в отдельных случаях шабрение или притирку поверхностей стыка;

- для повышения износостойкости опоры выполняют из сталей 45 или 20 (20X) и подвергают термической обработке для получения твердости HRC 58...62. Несущие поверхности опор целесообразно шлифовать, доводя шероховатость их поверхности до 8-го класса;
- в целях упрощения и ускорения ремонта приспособления его установочные элементы должны быть легкосменными.

Соблюдение этих требований предохраняет приспособление от брака при обработке и сокращает время и средства, затрачиваемые на его ремонт.

Опоры сопрягаются с технологическими базами устанавливаемых заготовок. Различают опоры основные, с помощью которых заготовку лишают степеней свободы, и вспомогательные, ужесточающие технологическую систему. Опоры выбирают исходя из состояния технологических баз, массы и материала заготовки, ожидаемых силовых реакций в опорах.

При установке детали по обработанным поверхностям используют базовые элементы – пластины, которые крепятся на основной плите.

Погрешность установки определяется в зависимости от точности изготовления отверстий и пальцев.

Для базирования заготовок по обработанной плоскости и перпендикулярным к ней отверстиям применяют два установочных пальца. Один цилиндрический, второй срезанный в направлении, перпендикулярном линии центров посадочных отверстий, цилиндрический палец выполняется по посадке движения того же качества точности, что и базовое отверстие.

При установке заготовки по плоскости и параллельному ей отверстию, установочный палец тоже выполняется срезанным.

Зазор служит для компенсации расстояний между центрами посадочных отверстий в заготовке или расстояния между установочной плоскостью и осью посадочного отверстия.

Допуск между осями пальцев в приспособлении или между установочной плоскостью и осью установочного пальца берется в пределах 0,01...0,02. Для удобства установки заготовок на два пальца нужно выполнить приспособление так, чтобы до посадки на срезанный палец заготовка уже была ориентирована по центрирующему пальцу. При установке заготовок типа тел вращения, обработанными наружными цилиндрическими поверхностями, в качестве установочных элементов используют призмы с рабочей поверхностью в виде паза образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу. Конструкция и размеры призм для установки коротких заготовок диаметром 5...100мм стандартизованы.

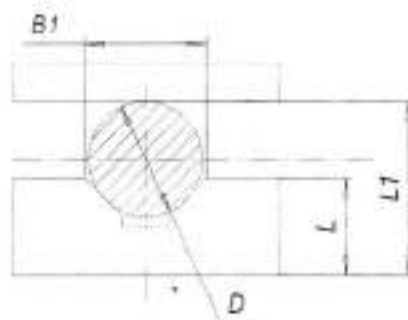
При обработке длинных заготовок используют узкие призмы

Призмы имеют установочный угол

Призмы могут выполняться с боковым креплением.

Призмы с запрессованными сменными штырями, позволяют снизить износ корпуса

Погрешность базирования зависит от точности выполнения призмы и точности изготовления детали.



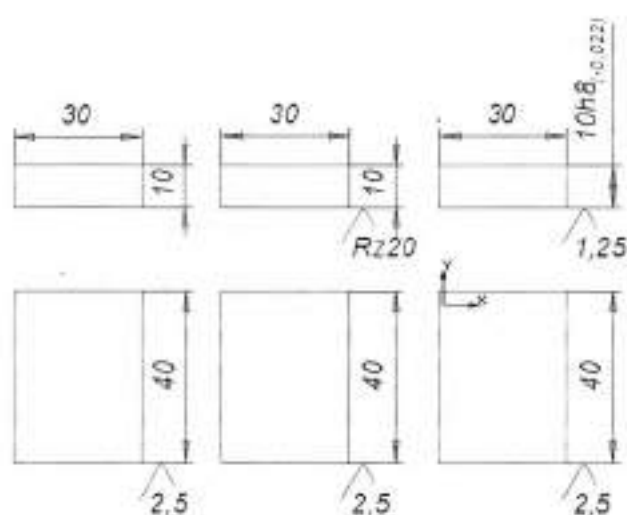
Зажимной размер заготовки рассчитывается по формуле  $L=L_1+1,207D-0,5B_1$

## II. Порядок выполнения работы

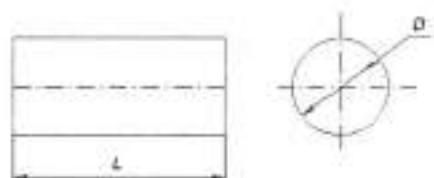
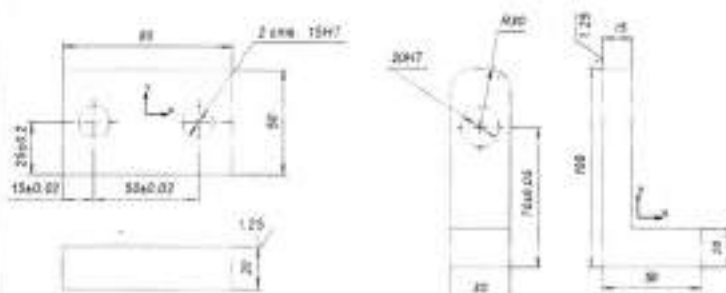
### Задание



1. Изучите теоретический материал.
2. Выберите установочные элементы опоры по ГОСТу.
3. Обоснуйте назначение базовых поверхностей
4. Выполните свою идею в виде чертежа.



1. Изучите теоретический материал.
2. В зависимости от диаметров базовых отверстий выберите установочные элементы – пальцы
3. В зависимости от состояния базовых поверхностей детали выберите установочные элементы – пластины
4. Выполните свою идею в виде чертежа



1. Изучите теоретический материал.
2. Выберите установочные элементы – призмы по ГОСТам
3. Обоснуйте выбор призм.
4. Рассчитайте зажимный размер.
5. Выполните чертёж установки.

№ варианта	Д	L
1	8 h6	100
2	12 h6	50
3	15 h6	40
4	18 h6	30
5	34 h6	80
6	22 h6	90
7	20 h6	38
8	24 h6	55
9	30 h6	90
10	38 h6	40
11	52 h6	60
12	44 h6	70
13	40 h6	80
14	45 h6	50
15	52 h6	60

## Тема 2.5. Станочные приспособления

### Практическая работа №2

<b>Тема работы:</b>	Выбор зажимных элементов приспособлений
<b>Цель работы:</b>	<i>уметь:</i> выбирать зажимные элементы приспособлений; <i>знать:</i> виды установочных элементов и зажимных элементов приспособлений.
<b>Материально - техническое оснащение:</b>	чертежные инструменты.
<b>Количество часов:</b>	2 часа.

#### I. Теоретическая часть

Зажимные механизмы служат для надежного закрепления заготовки в приспособлении в положении, задаваемом установочными элементами.

Зажимные элементы должны удовлетворять определенным требованиям:

1 при зажиме не иметь первоначального положения заготовки в приспособлении;

2 сила зажима должна обеспечивать надежные закрепления детали и не допускать сдвига, поворота или вибраций детали при обработке на станке.

В зависимости от источника силы, требуемой для зажима детали, зажимные устройства разделяются на:

- 1 ручные;
- 2 механизированные;
- 3 автоматизированные.

В зависимости от конструкции прихваты бывают:

- 1 сдвижные;
- 2 поворотные;
- 3 Г-образные;

4 фасонные. Величину сил зажима и их направление определяют в зависимости от сил резания и их моментов, действующих на обрабатываемую деталь.

Величину сил зажима детали можно определить, решив задачу статики на равновесии твердого тела, находящегося под действием всех приложенных сил – резания, зажиму и реакции опор.

Величину сил резания выбирают по нормативным справочникам.

Найденные значения сил резания для надежности зажима детали умножают на коэффициент запаса  $K = 1,4 - 2,6$  (при чистовой обработке  $K = 1,4$ , при черновой обработке  $K = 2,6$ ).

Формула для определения усилий зажима заготовки:

$$P = P_0 \left( 1 - \frac{0,3 \cdot l}{H} \right)$$

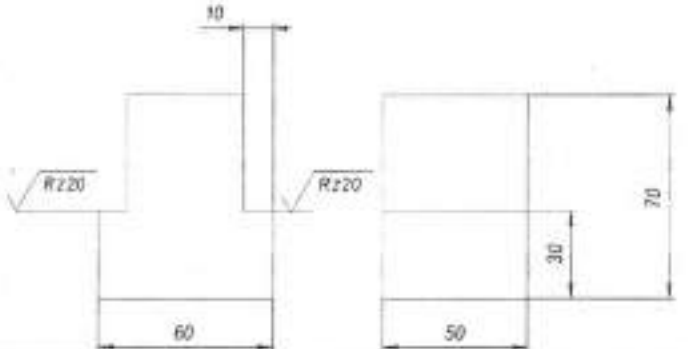
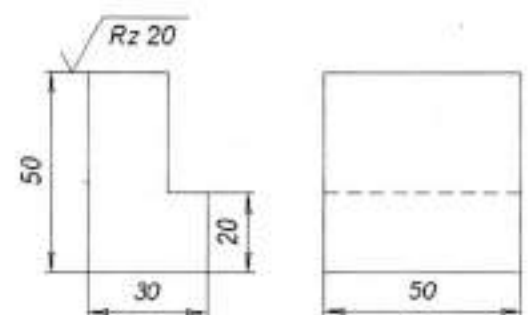
$P_0$  – осевая сила, действующая на прихват кт;

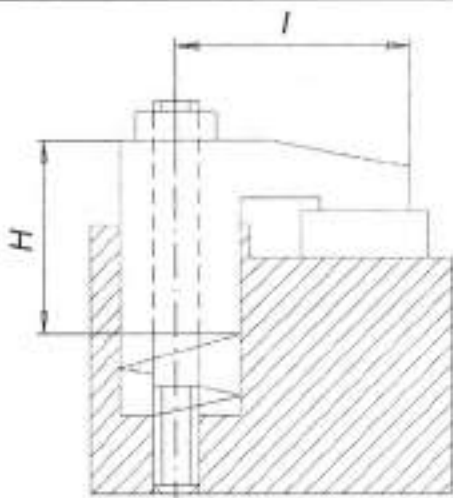
$l$  – плечо прихвата мм;

$H$  – высота прихвата мм.

## II. Порядок выполнения работы

### Задание

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучите теоретический материал.</li> <li>2. В зависимости от чертежа детали выберите соответствующий зажимный элемент.</li> <li>3. Обоснуйте выбор зажимного элемента.</li> <li>4. Выразите свою идею в виде чертежа.</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучите теоретический материал.</li> <li>2. В зависимости от чертежа детали выберите соответствующий зажимный элемент.</li> <li>3. Обоснуйте выбор зажимного элемента.</li> <li>4. Выразите свою идею в виде чертежа.</li> </ol>	



1. Изучите теоретический материал.
2. Выполните эскиз зажима детали Г-образным прихватом
3. Рассчитайте зажимные усилия в зависимости от прилагаемого усилия и размеров Г-образного прихвата, выбранного по ГОСТу.
4. Выполните чертеж Г-образного прихвата.

№ варианта	Обозначение прихвата	ГОСТ
1	7011-0728	14733 -69
2	7011-0729	14733 -69
3	7011-0730	14733 -69
4	7011-0731	14733 -69
5	7011-0732	14733 -69
6	7011-0734	14733 -69
7	7011-0735	14733 -69
8	7011-0736	14733 -69
9	7011-0742	14733 -69
10	7011-0744	14733 -69
11	7011-0746	14733 -69
12	7011-0748	14733 -69
13	7011-0751	14733 -69
14	7011-0754	14733 -69
15	7011-0758	14733 -69

## Тема 2.5. Станочные приспособления

### Практическая работа №3

<b>Тема работы:</b>	Применение правила шести точек для заготовок различной формы.
<b>Цель работы:</b>	<i>уметь:</i> выбирать установочные и зажимные элементы приспособлений; выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку для механической обработки заготовки; <i>компоновать</i> чертеж приспособления; <i>знать:</i> виды установочных и зажимных элементов приспособлений.
<b>Материально - техническое оснащение:</b>	чертежные инструменты.
<b>Количество часов:</b>	2 часа.

#### **I. Теоретическая часть**

Для полной ориентации число и расположение опор должно быть таким, чтобы соблюдалось условие неотрывности баз заготовки от приспособления, т.е. не должно быть сдвига или вращения заготовки относительно трех координатных осей. В этом случае заготовка лишается всех степеней свободы, и положение ее баз в пространстве является вполне определенным. Число опор (точек), на которые устанавливают заготовку, должно быть равным шести (правило шести точек); их взаимное расположение должно обеспечивать устойчивую установку заготовки в приспособлении. Для этой цели расстояние между опорами следует выбирать по возможности большим и во всяком случае таким, чтобы под действием силы тяжести не возникало опрокидывающего момента.

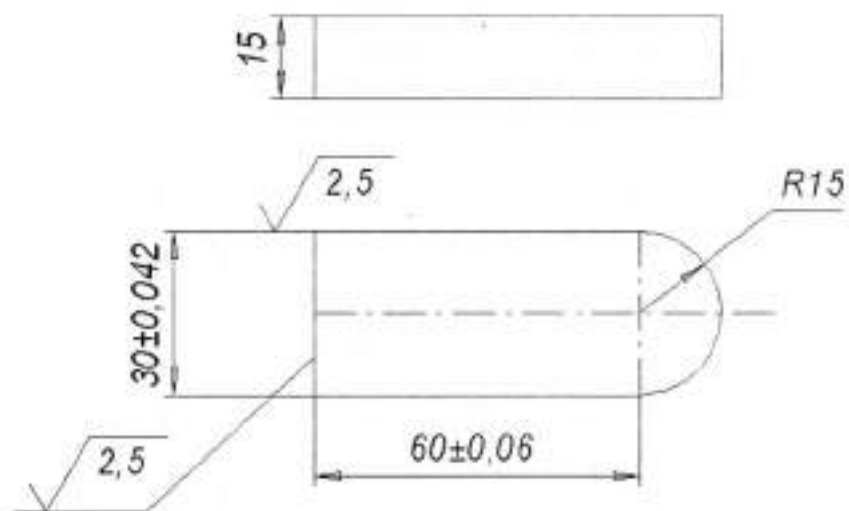
Дополнительные опоры выполняются регулируемыми или самоустанавливающимися. В этом случае при установке каждой отдельной заготовки они индивидуально подводятся (самоустанавливаются) к поверхности заготовки, а затем контрятся, превращаясь на время выполнения данной операции в жесткие опоры. Если число основных опор не должно быть больше шести, то число дополнительных – не ограничено, но в целях упрощения конструкции приспособления их число должно быть минимальным.

Зажимные элементы – прихваты выбираются из ГОСТов и располагаются в местах зажима детали с учетом выхода режущего инструмента.

## II. Порядок выполнения работы

### Задание

1. Изучите теоретический материал.
2. Определите базовые поверхности детали.
3. Определите места установки зажимных элементов с учетом обработки детали.
4. Выберите из ГОСТов зажимные элементы и базовые опоры.
5. Изобразите свою конструктивную идею в виде эскиза.



## Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений

### Практическая работа №4

<b>Тема работы:</b>	Проектирование токарного приспособления средней сложности
<b>Цель работы:</b>	<i>уметь:</i> проектировать приспособления средней сложности для станков токарной группы; выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку для механической обработки заготовки; <i>знать:</i> общие принципы моделирования; виды приспособлений для обработки деталей средней сложности для станков токарной группы.
<b>Материально - техническое оснащение:</b>	Компьютер, пакет САПР Компас 3D
<b>Количество часов:</b>	2 часа.

#### I. Теоретическая часть

При установке детали, используя в качестве базы внутренние отверстия, применяют установочно-зажимные элементы в виде оправок.

Конструктивно оправки подразделяют на жесткие и разжимные.

Жесткие оправки могут конические и цилиндрические для посадки заготовок с гарантированным зазором или натягом.

Оправки бывают: центровые, консольные, цилиндрические, конические, цельные, разжимные.

При установке на цилиндрическую оправку погрешность установки определяется:

$$E_{\phi} = S_{\max} = S_{\min} + b_A + b_B$$

$S_{\max}$  - максимальный зазор между отверстием и деталью;

$S_{\min}$  - минимальный зазор;

$b_A$  - допуск на размер базового отверстия;

$b_B$  - допуск на размер оправки

Консольные и центровые оправки применяются для установки по центральному базовому отверстию втулок, колец шестерен обрабатываемых на токарных и шлифовальных станках.

При обработке этих деталей требуется получить высокую concentricity наружных и внутренних поверхностей и заданную перпендикулярность торцов к оси детали. Зажим детали на оправке осуществляется с помощью гайки.

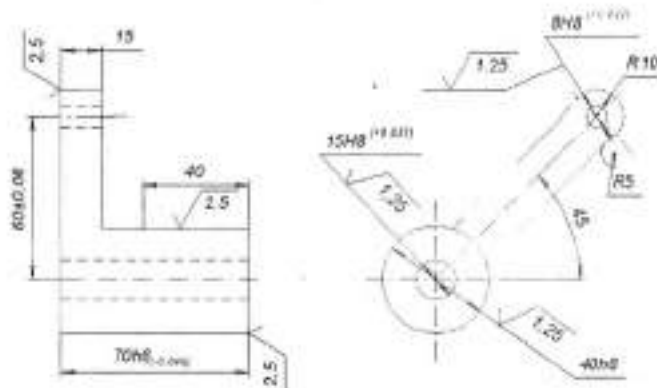
Провертывание заготовки на оправке ограничено затягиванием гайки. Для закрепления на токарном станке корпусных деталей или деталей, имеющих неправильную цилиндрическую форму, применяют планшайбы. Планшайба имеет фланцевое крепление.

Заготовку устанавливают на планшайбе с применением опорных (базовых) штырей, пластин, прихватов, зажимных болтов, упоров. Предварительно сориентированную заготовку закрепляют, устанавливают противовес, выверяют заготовку окончательно. Закрепляют и приступают к обработке отверстия. Для снятия заготовки ослабляют прижимные элементы, освобождая деталь. Следующую деталь устанавливают уже без выверки.

## II. Порядок выполнения работы

### Задание

1. Изучите теоретический материал.
2. Выберите схему базирования заготовки.
3. Выберите из ГОСТов необходимые базовые и зажимные элементы.
4. Выразите свою конструктивную идею в виде эскиза.





## Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений

### Практическая работа №5

<b>Тема работы:</b>	Проектирование фрезерного приспособления средней сложности
<b>Цель работы:</b>	<i>уметь:</i> проектировать приспособления средней сложности для станков фрезерной группы; выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку для механической обработки заготовки; <i>знать:</i> общие принципы моделирования; виды приспособлений для обработки деталей средней сложности для станков фрезерной группы.
<b>Материально - техническое оснащение:</b>	Компьютер, пакет САПР Компас 3D
<b>Количество часов:</b>	4 часа.

#### I. Теоретическая часть

Приспособления для установки и закрепления заготовок на фрезерных станках включают в себя различного рода прихваты, подставки, призмы, упоры.

При обработке заготовок, у которых необходимо получить плоскости, расположенных под углом одна к другой, применяют угловые плиты: обычные и универсальные, допускающие поворот вокруг одной или двух осей.

Столы для установки заготовок бывают неповоротные и поворотные. Поворотные столы позволяют обработать на станке фасонные заготовки.

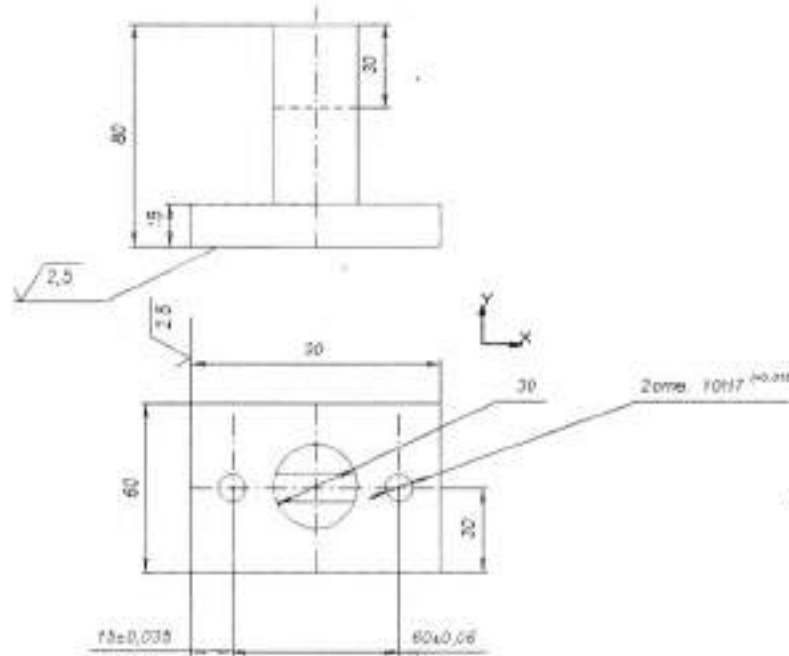
Для установки фрезерного приспособления на стол станка необходимо предусмотреть в приспособлении шпонки и пазы для закрепления приспособления станочными деталями.

#### II. Порядок выполнения работы

##### Задание

1. Изучите теоретический материал.
2. Составьте схему базировки заготовки.

3. Выберите необходимые базовые, зажимные и другие элементы из ГОСТов.
4. Выполните свою конструктивную идею в виде эскиза.
5. Создайте чертеж приспособления.



## Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений

### Практическая работа №6

<b>Тема работы:</b>	Проектирование сверлильного приспособления средней сложности
<b>Цель работы:</b>	<i>уметь:</i> проектировать приспособления средней сложности для станков фрезерной группы; выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку для механической обработки заготовки; <i>знать:</i> общие принципы моделирования; виды приспособлений для обработки деталей средней сложности для станков сверлильной группы.
<b>Материально - техническое оснащение:</b>	Компьютер, пакет САПР Компас 3D
<b>Количество часов:</b>	4 часа.

#### I. Теоретическая часть

Для закрепления заготовки и обеспечения правильного положения инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия, при сверлении используют специальные приспособления – кондукторы.

Применение кондукторов устраняет необходимость в разметке, выверке заготовок для закрепления, снижает утомляемость рабочего.

Для направления режущего инструмента в кондукторной плите имеются кондукторные втулки, которые обеспечивают точную обработку отверстий в соответствии с чертежом, конструкция и размеры этих втулок стандартизованы.

Втулки бывают постоянные при обработке отверстия одним инструментом и быстросменные при обработке отверстия несколькими инструментами.

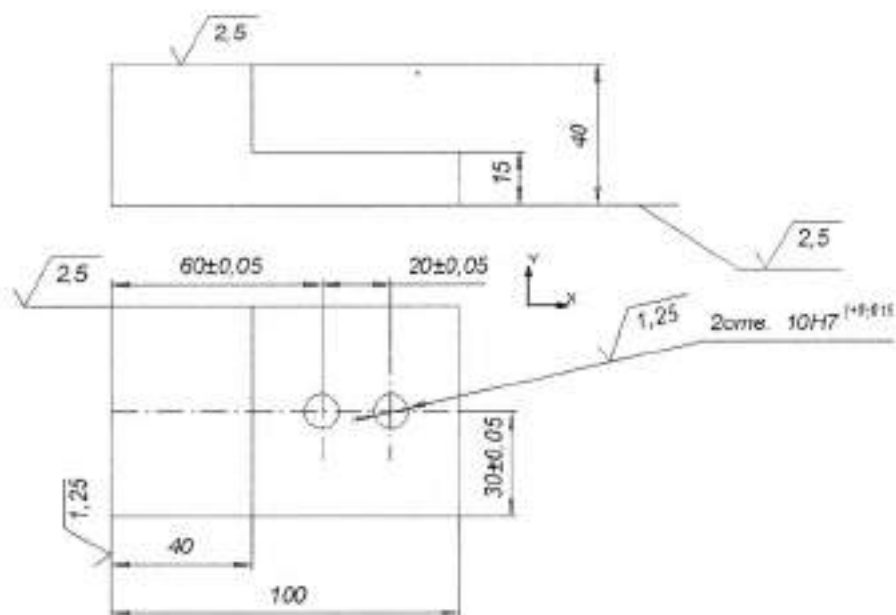
Для уменьшения износа втулок и уменьшения смещения оси обрабатываемого отверстия из-за возможного перекоса инструмента между нижним торцом втулки и поверхностью заготовки оставляют зазор, тогда стружка проходит не через втулку, а отбрасывается в сторону. При сверлении чугуна зазор берут 0,3 до 0,5d обрабатываемого отверстия.

При сверлении стали, алюминия зазор увеличивается до диаметра

## II. Порядок выполнения работы

### Задание

1. Изучите теоретический материал.
2. Выберите схему базирования заготовки.
3. Выберите из ГОСТов необходимые базовые и зажимные элементы.
4. Выразите свою конструктивную идею в виде эскиза.



## Тема 2.6 Конструкция станочных приспособлений

### Практическая работа №7

<b>Тема работы:</b>	Проектирование приспособления средней сложности для станков с ЧПУ
<b>Цель работы:</b>	<i>уметь:</i> проектировать приспособления для станков с ЧПУ средней сложности; выбирать технологическое оборудование и технологическую оснастку для механической обработки заготовки; <i>знать:</i> общие принципы моделирования; виды приспособлений для обработки деталей средней сложности для станков с ЧПУ.
<b>Материально - техническое оснащение:</b>	Компьютер, пакет САПР Компас 3D
<b>Количество часов:</b>	4 часа.

#### I. Теоретическая часть

Основная особенность этой операции – необходимость полного базирования приспособления на столе станка, фиксированная связь с началом координат станка, а также быстрая смена приспособлений. Это значительно сокращает подготовительно-заключительное время, связанное со сменой приспособлений, поскольку исключает необходимость выверки приспособлений на столе станка и упрощает разработку программ изготовления деталей из заготовок.

Для полного базирования в приспособлениях должны быть предусмотрены базирующие элементы, соответствующие посадочным местам станков и обеспечивающие точное положение приспособлений на столах станков. При наличии на столе станка продольных пазов и центрального поперечного паза приспособление базируется с помощью установочных шпонок или штырей по продольному и поперечному пазам. Если на столе станка имеются продольные пазы и центральное отверстие, то приспособление базируется цилиндрическим штырем по отверстию и штырем по продольному пазу. При наличии на столе станка только продольных пазов приспособление базируется по пазу посредством

двух шпонок. При этом базирование будет неполным, поскольку приспособление лишается только пяти степеней свободы. Дополнительное базирование по продольной оси стола может быть осуществлено с помощью упора на столе станка.

Приспособления можно базировать только по двум плоским поверхностям «в координатный угол» по средством точно изготовленного и выверенного угольника, устанавливаемого и закрепляемого в продольных пазах стола станка. При базировании приспособлений только по продольному пазу инструмент в исходную точку обработки можно установить по щупу и установкам, закрепленным на корпусе приспособления. Можно установить инструмент в исходную точку также по базовому отверстию или штырю, что, естественно, увеличивает подготовительно-заключительное время, поскольку в этом случае в шпинделе станка необходимо расположить специальную эталонную оправку, ось которой совмещают с осью отверстия или штыря приспособления, после чего оправку вынимают и устанавливают в шпиндель станка требуемый инструмент.

Приспособления для станков должны обеспечивать точность установки детали. При разработке приспособления необходимо учитывать высоту подъема инструмента над поверхностью стола.

Зажимные элементы проектируются, либо выбираются из ГОСТов с учетом различных обработок детали.

В качестве универсальных приспособлений используются угольники, призмы, подставки на которые проектируются специальные наладки для закрепления заготовок.

Призмы, подставки дают возможность закрепления деталей с четырех сторон. Приспособления устанавливаются на вращающийся стол станка. В качестве универсального приспособления используются координатная плита, на которую устанавливается заготовка.

Большинство корпусных и плоских заготовок должны быть обработаны за один установ с нескольких сторон (до пяти).

Установка и крепление заготовки должны обеспечивать свободный доступ к обрабатываемым поверхностям.

Для фрезерования заготовок плоских деталей по контуру приспособления строят так, чтобы закреплять их прихватами сверху. Для обработки участка, на котором установлен прихват, необходимо раскрепить заготовку и снять прихват. После обработки участка, на котором был установлен прихват, его вновь устанавливают и снова закрепляют заготовку (закрепление с перехватом). При этом основное время (непосредственно обработки) по сравнению с вспомогательным будет незначительным (тем меньше, чем больше число прихватов).

## II. Порядок выполнения работы

### Задание

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучите теоретический материал</li> <li>2. Составьте схему базирования заготовки</li> <li>3. Выберите необходимые базовые и зажимные элементы</li> <li>4. Выразите свое конструктивное решение в виде чертежа</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучите теоретический материал</li> <li>2. Составьте схему базирования заготовки</li> <li>3. Выберите необходимые базовые и зажимные элементы</li> <li>4. Выразите свое конструктивное решение в виде чертежа</li> </ol>	

**Валуева Тамара Владимировна**

Методическое указания часть II. для выполнения лабораторно-практических работ по МДК 07.02.Технологическое и информационное обеспечение автоматизированного машиностроительного производства ПМ 07 Разработка технологических процессов изготовления высокоточных изделий в условиях автоматизированного машиностроительного производства

## Часть II

## По специальности

15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)»

*Ответственный за выпуск Миляева И.В.*

**ФГБОУ ВО**

**«Тульский государственный университет»  
Технический колледж имени С.И. Мосина**

---

18 проезд, д. 94, п. Мясново, г.Тула



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»**

**Технический колледж имени С.И. Мосина**



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по выполнению лабораторных и самостоятельных работ**

**по дисциплине «Компьютерное моделирование»**

**по специальности**

**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)**

**Тула 2020**

УТВЕРЖДЕНЫ

Цикловой комиссией естественнонаучных дисциплин

Протокол от «15 01 2020 г. № 6

Председатель цикловой комиссии



Е.А.Рейм

## Лабораторная работа № 1

**Тема занятия: Использование ППП для приближенного решения уравнений методом дихотомии. Применение метода дихотомии**

**Цель работы:** *уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<i>Код</i>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

### *1 Теоретическая часть*

#### **1 Отделение корней**

Пусть дано уравнение

$$f(x)=0, \quad (1)$$

где  $f(x)$  — непрерывная нелинейная функция. Будем считать, что это уравнение не имеет кратных корней

Приближенное вычисление действительных корней уравнения (1) состоит из двух этапов:

- 1) отделение корней, т.е. нахождение в области определения функции  $f(x)$  таких отрезков, каждый из которых содержит только один корень;
- 2) уточнение корней, т.е. вычисление корней внутри найденных отрезков с требуемой точностью.

Отделение корней базируется на следующем утверждении, известном из курса математического анализа: если функция  $f(x)$  принимает на концах некоторого отрезка  $[a, b]$  значения разных знаков, то на этом отрезке имеется хотя бы один корень уравнения (1), и если, кроме того, производная  $f'(x)$  знакопостоянна на отрезке  $[a, b]$ , то корень единственный. Многие методы уточнения корней требуют дополнительно знакопостоянства второй производной  $f''(x)$ .

На практике для отделения корней строят график функции  $f(x)$  и в качестве отрезков  $[a, b]$  принимают окрестности точек пересечения графика с осью абсцисс.

## 2. Метод половинного деления

Метод половинного деления является самым простым методом решения нелинейного уравнения. Он не требует даже знакопостоянства  $f'(x)$ .

Очевидно, концы отрезка  $[a, b]$  являются начальными приближениями к корню снизу (слева) и сверху (справа). Разделим отрезок  $[a, b]$  пополам точкой  $c$  и получим отрезки  $[a, c]$  и  $[c, b]$ . Новыми приближениями к корню будут концы того из последних отрезков, который содержит корень, т.е. на концах которого функция  $f(x)$  имеет разные знаки. Процесс деления отрезков продолжается до тех пор, пока длина очередного отрезка не станет меньше удвоенной заданной абсолютной погрешности. Середина этого последнего отрезка даст значение корня с требуемой точностью.

Итак, алгоритм метода половинного деления можно описать следующим образом.

Начальные приближения:  
 $y_1 = a, z_1 = b$ .

Итерационный процесс:  
 $c_k = (y_k + z_k) / 2$ ;  
 $y_{k+1} = y_k, z_{k+1} = c_k$ , если  $f(y_k) / f(c_k) < 0$ ;  
 $y_{k+1} = c_k, z_{k+1} = z_k$ , если  $f(c_k) / f(z_k) < 0$ ;  
 $\varepsilon_k = (z_k - y_k) / 2$ .

Условия окончания вычислений:  
 $\varepsilon_k < \varepsilon_0$  или  $f(c_k) = 0$ .

Результат:  
 $x = c_k$ .

В формулах обозначено:  $y_k, c_k, z_k$  — начало, середина и конец отрезка на  $k$ -м шаге;  $\varepsilon_k$  — абсолютная погрешность на  $k$ -м шаге;  $\varepsilon_0$  — заданная абсолютная погрешность;  $x^*$  — значение корня с требуемой точностью.

## 2 Практическая часть

**Задание 1.** Методом дихотомии (половинного деления) найти корень уравнения

$$x^4 + 2x^3 + x^2 + x - 1 = 0 \text{ на отрезке } [0, 1] \text{ с абсолютной погрешностью } 0.005.$$

Вычисления по формулам:

Начальные приближения

$$y_0=0; z_0=1$$

Итерационный процесс:

$$c_k = (y_k + z_k) / 2;$$

$$y_{k+1} = y_k, z_{k+1} = c_k, \text{ если } f(y_k)f(c_k) < 0;$$

$$y_{k+1} = c_k, z_{k+1} = z_k, \text{ если } f(c_k)f(z_k) < 0;$$

$$\varepsilon_k = (z_k - y_k) / 2$$

Условия окончания вычислений:

$$\varepsilon_k < \varepsilon_0 \text{ или } f(c_k) = 0.$$

Результат:

$$x = c_k.$$

провести в табличном процессоре, получить таблицу 1.

Таблица 1

k	$y_k$	$z_k$	$c_k$	$f(y_k)$	$f(z_k)$	$f(c_k)$	$\varepsilon_k$
0	0.000	1.000	0.500	-1.000	4.000	0.063	0.500
1	0.000	0.500	0.250	-1.000	0.063	-0.652	0.250
2	0.250	0.500	0.375	-0.652	0.063	-0.359	0.125
3	0.375	0.500	0.438	-0.359	0.063	-0.167	0.063
4	0.438	0.500	0.469	-0.167	0.063	-0.057	0.031
5	0.469	0.500	0.484	-0.057	0.063	0.001	0.016
6	0.469	0.484	0.477	-0.057	0.001	-0.028	0.008
7	0.477	0.484	0.480	-0.028	0.001	-0.014	0.004

Результаты: корень  $x^* = 0.480$ , невязка  $f(x) = 0.014$ , количество итераций  $n = 7$ .

## Задание 2

Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них с помощью метода дихотомии с точностью до 0,001.

$$x^3 - 0,2x^2 + 0,5x + 1,5 = 0$$

Составим таблицу знаков функции  $f(x)$ :

$x$	$-x$	$-1$	$0$	$+x$
sign $f(x)$	-	-	+	+

Уменьшить промежутки, в которых находятся корни, составив с помощью табличном процессоре таблицу вычисления значений функции  $f(x)$ .

$x$	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	-131	-67,7	-28,8	-8,3	-0,2	1,5	2,8	9,7	28,2	64,3	124

Уравнение имеет один действительный корень, лежащий в промежутке  $[-1, 0]$ .

Уточнить корень методом дихотомии аналогично заданию 1.

**Задание для самостоятельной работы :**

1) Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них с помощью метода дихотомии с точностью до 0,001.

1)  $x^3 - 3x^2 + 9x - 8 = 0$

2)  $x^3 - 6x - 8 = 0$

3)  $x^3 - 3x^2 + 6x + 3 = 0$

4)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$

5)  $x^3 - 3x^2 + 9x + 2 = 0$

6)  $x^3 + x - 5 = 0$

7)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 1,2 = 0$

8)  $x^3 + 3x + 1 = 0$

9)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 2 = 0$

10)  $x^3 - 3x^2 + 12x - 9 = 0$

11)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,3x - 1,2 = 0$

12)  $x^3 - 3x^2 + 6x - 2 = 0$

13)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$

14)  $x^3 + 3x^2 + 6x - 1 = 0$

15)  $x^3 + 0,1x^2 + 0,4x - 1,2 = 0$

16)  $x^3 + 4x - 6 = 0$

17)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x + 0,8 = 0$

18)  $x^3 - 3x^2 + 12x - 12 = 0$

19)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,3x + 1,2 = 0$

20)  $x^3 - 2x + 4 = 0$

21)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1,4 = 0$

22)  $x^3 - 3x^2 + 6x - 5 = 0$

23)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 1,2 = 0$

24)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1 = 0$

25)  $x^3 + 3x^2 + 12x + 3 = 0$

26)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 2 = 0$

27)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,4x - 1,4 = 0$

28)  $x^3 + 0,4x^2 + 0,6x - 1,6 = 0$

29)  $x^3 + x - 3 = 0$

30)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x + 1,4 = 0$

## Лабораторная работа № 2

**Тема занятия: Уточнение корней уравнения методом хорд. Применение метода хорд****Цель работы:** *уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
ОК 3.	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4.	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 6.	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
ОК 7.	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
ПК 4.1	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
ПК 4.2	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
ПК 4.3	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
ПК 4.4	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
ПК 4.5	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

**1 Теоретическая часть**

*Метод хорд* является одним из распространенных методов решения алгебраических и трансцендентных уравнений. В литературе он также встречается под названиями «метода ложного положения» (*re-gula faisi*), «метода линейного интерполирования» и «метода пропорциональных частей».

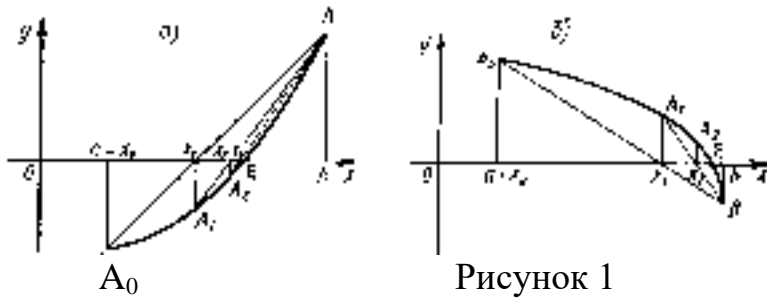


Рисунок 1

Пусть дано уравнение  $f(x) = 0$ , где  $f(x)$  — непрерывная функция, имеющая в интервале  $(a, b)$  производные первого и второго порядков. Корень считается отделенным и находится на отрезке  $[a, b]$ , т. е.  $f(a) \cdot f(b) < 0$ .

Идея метода хорд состоит в том, что на достаточно малом промежутке  $[a, b]$  дуга кривой  $y = f(x)$  заменяется стягивающей ее хордой. В качестве приближенного значения корня принимается точка пересечения хорды с осью  $Ox$ .

Рассмотрим случаи, когда первая и вторая производные имеют одинаковые знаки, т. е.  $f'(x) \cdot f''(x) > 0$ , (рис. 1, а, б).

Пусть  $f(a) < 0, f(b) > 0, f'(x) > 0, f''(x) > 0$  (рис. 1 а). или  $f(a) > 0, f(b) < 0, f'(x) < 0, f''(x) < 0$  (рис. 1 б).

График функции проходит через точки  $A_0(a; f(a)), B(b; f(b))$ . Искомый корень уравнения  $f(x) = 0$  есть абсцисса точки пересечения графика функции  $y = f(x)$  с осью  $Ox$ . Эта точка нам неизвестна, но вместо нее мы возьмем точку  $x_1$  пересечения хорды  $A_0B$  с осью  $Ox$ . Это и будет приближенное значение корня.

Уравнение хорды, проходящей через точки  $A_0$  и  $B$ , имеет вид

$$\frac{y - f(a)}{f(b) - f(a)} = \frac{x - a}{b - a}.$$

Найдем значение  $x = x_1$ , для которого  $y = 0$ :

$$x_1 - a = \frac{f(a)(b - a)}{f(b) - f(a)}. \quad (1)$$

Эта формула носит название формулы метода хорд. Теперь корень  $\xi$  находится внутри отрезка  $[x_1, b]$ . Если значение корня  $x_1$  нас не устраивает, то его можно уточнить, применяя метод хорд к отрезку  $[x_1, b]$ . Соединим точку  $A_1(x_1; f(x_1))$  с точкой  $B(b; f(b))$  и найдем  $x_2$  — точку пересечения хорды  $A_1B$  с осью  $Ox$ :

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)(b - x_1)}{f(b) - f(x_1)}.$$

Продолжая этот процесс, находим



$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)(b-x_1)}{f(b)-f(x_1)}$$

и вообще

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)(b-x_n)}{f(b)-f(x_n)} \quad (2)$$

Процесс продолжается до тех пор, пока мы не получим приближенный корень с заданной степенью точности,

Теперь рассмотрим случай, когда первая и вторая производные имеют разные знаки, т. е.  $f'(x) \cdot f''(x) < 0$ .

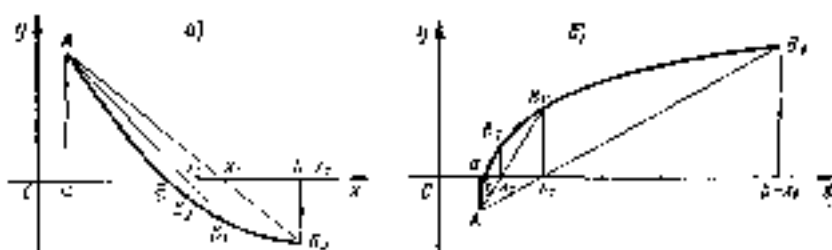


Рисунок 2

Пусть, например,  $f(a) > 0$ ,  $f(b) < 0$ ,  $f'(x) < 0$ ,  $f''(x) > 0$  (рис. 2, а). Соединим точки  $A(a; f(a))$  и  $B_0(b; f(b))$  и запишем уравнение хорды, проходящей через  $A$  и  $B_0$ :

$$\frac{y-f(b)}{f(b)-f(a)} = \frac{x-b}{b-a}$$

Найдем  $x_1$  как точку пересечения хорды с осью  $Ox$ , полагая  $y = 0$ ;

$$x_1 = b - \frac{f(b)(b-a)}{f(b)-f(a)} \quad (3)$$

Корень  $\xi$  теперь заключен внутри отрезка  $[a, x_1]$ . Применяя метод хорд к отрезку  $[a, x_1]$ , получим

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)(x_1-a)}{f(x_1)-f(a)}$$

и вообще

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)(x_n-a)}{f(x_n)-f(a)} \quad (4)$$

По этим же формулам находится приближенное значение корня и для случая, когда  $f(a) < 0$ ,  $f(b) > 0$ ,  $f'(x) > 0$ ,  $f''(x) < 0$  (рис. 2 б).

Итак, если  $f'(x) \cdot f''(x) > 0$ , то приближенный корень вычисляется по формулам (1) и (2); если же  $f'(x) \cdot f''(x) < 0$ , то — по формулам (3) и (4).

Однако выбор тех или иных формул можно осуществить, пользуясь простым правилом: *неподвижным концом отрезка является тот, для которого знак функции совпадает со знаком, второй производной.*

При оценке погрешности приближения можно пользоваться формулой

$$|\xi - x_n| < |x_n - x_{n-1}| \quad (5)$$

### Задание 1.

Отделить корни уравнения графически и уточнить с помощью метода хорд с точностью до 0,001.

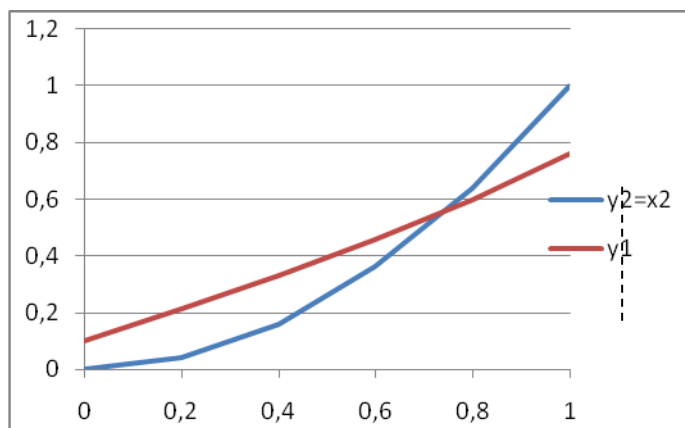
$$\operatorname{tg}(0,55x+0,1) = x^2$$

1) Отделим корень графически. Построим график функции

$$y_1 = \operatorname{tg}(0,55x+0,1) \text{ и } y_2 = x^2,$$

составив таблицы значений этих функций

x	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$y_2 = x^2$	0	0,04	0,16	0,36	0,64	1
$0,55x+0,1$	0,1	0,21	0,32	0,43	0,54	0,65
$y_1$	0,10	0,21	0,33	0,46	0,60	0,76



Таким образом, положительный корень уравнения заключен в промежутке  $[0,6; 0,8]$ .

Чтобы уточнить корень методом хорд, определим знаки функции

$$f(x) = \operatorname{tg}(0,55x+0,1) - x^2$$

на концах промежутка  $[0,6; 0,8]$  и знак первой и второй производной на этом промежутке:

$$f(0,6) = \operatorname{tg} 0,43 - 0,36 = 0,4586 - 0,36 = 0,0986; \quad f(0,8) = \operatorname{tg} 0,54 - 0,64 = \\ = 0,5994 - 0,64 = -0,0406;$$

$$f'(x) = \frac{0,55}{\cos^2(0,55x + 0,1)} - 2x;$$

$$f''(x) = 0,55 - 2 \cos^3(0,55x + 0,1) \sin(0,55x + 0,1) 0,55 - 2 = \\ = \frac{0,605 \sin(0,55x + 0,1)}{\cos^3(0,55x + 0,1)} - 2 < 0 \text{ при } x \in [0,6; 0,8].$$

Для вычислений применяем формулу

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f(b) - f(x_n)} \cdot (b - x_n),$$

где  $b = 0,8$ ;  $x_0 = 0,6$ .

Вычисления удобно располагать в таблице:

$n$	$x_n$	$0,8 - x_n$	$0,55x_n + 0,1$	$\operatorname{tg}(0,55x_n + 0,1)$
0	0,6	0,2	0,43	0,4586
1	0,742	0,058	0,5081	0,5570
2	0,750	0,50	0,5125	0,5627
3	0,7502	0,0498	0,5126	0,5628

$n$	$x_n^2$	$f(x_n)$	$f(0,8) - f(x_n)$	$h = \frac{f(x_n)}{f(0,8) - f(x_n)} \times (b - x_n)$
0	0,36	0,0986	-0,1392	-0,142
1	0,5506	0,0064	-0,0470	-0,008
2	0,5625	0,0002	-0,0408	-0,0002
3	0,5628	0		

Ответ:  $x = 0,750$ .

## Задание 2.

Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них с помощью метода хорд с точностью до 0,001.

$$x^3 - 0,2x^2 + 0,5x + 1,5 = 0$$

Находим

$$f(x) = x^3 - 0,2x^2 + 0,5x + 1,5; \quad f'(x) = 3x^2 - 0,4x + 0,5; \quad D = 0,16 - 6 < 0.$$

Составим таблицу знаков функции  $f(x)$ :

$x$	$-x$	$-1$	$0$	$+x$
$\operatorname{sign} f(x)$	-	-	+	+

$x$	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$f(x)$	-131	-67,7	-28,8	-8,3	-0,2	1,5	2,8	9,7	28,2	64,3	124

Уравнение имеет один действительный корень, лежащий в промежутке  $[-1, 0]$ .

Чтобы уточнить корень, находим вторую производную  $f''(x) = 6x - 0,4$ ; в промежутке  $[-1, 0]$  выполняется неравенство  $f''(x) < 0$ .

Для вычислений применяем формулу

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)(x_n - a)}{f(x_n) - f(a)}$$

где  $a = -1$ ;  $x_0 = 0$ ;  $f(a) = f(-1) = -1 - 0,2 - 0,5 + 1,5 = -0,2$ .

Вычисления располагаем в таблице:

$n$	$x_n$	$x_n^2$	$x_n^3$	$0,2x_n^2$	$0,5x_n$
0	0	0	0	0	0
1	-0,882	-0,6861	0,7779	0,1556	-0,441
2	-0,943	-0,8386	0,8892	0,1778	-0,4715
3	-0,946	-0,8466	0,8949	0,1790	-0,473
4	-0,946				

$n$	$f(x_n)$	$f(x_n) + 0,2$	$x_n - a$	$\frac{f(a)(x_n - a)}{f(x_n) - f(a)}$
0	1,5	1,7	1	-0,118
1	0,2173	0,4173	0,118	-0,057
2	0,0121	0,2121	0,057	-0,054
3	0,0014	0,2014	0,054	-0,054

Ответ:  $x \approx -0,946$ .

### Задание для самостоятельной работы дома:

2) Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них с помощью метода хорд с точностью до 0,001.

- 1)  $x^3 - 3x^2 + 9x - 8 = 0$
- 2)  $x^3 - 6x - 8 = 0$
- 3)  $x^3 - 3x^2 + 6x + 3 = 0$
- 4)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$
- 5)  $x^3 - 3x^2 + 9x + 2 = 0$
- 6)  $x^3 + x - 5 = 0$
- 7)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 1,2 = 0$
- 8)  $x^3 + 3x + 1 = 0$
- 9)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 2 = 0$
- 10)  $x^3 - 3x^2 + 12x - 9 = 0$
- 11)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,3x - 1,2 = 0$
- 12)  $x^3 - 3x^2 + 6x - 2 = 0$
- 13)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$
- 14)  $x^3 + 3x^2 + 6x - 1 = 0$
- 15)  $x^3 + 0,1x^2 + 0,4x - 1,2 = 0$
- 16)  $x^3 + 4x - 6 = 0$
- 17)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x + 0,8 = 0$
- 18)  $x^3 - 3x^2 + 12x - 12 = 0$

- 19)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,3x + 1,2 = 0$
- 20)  $x^3 - 2x + 4 = 0$
- 21)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1,4 = 0$
- 22)  $x^3 - 3x^2 + 6x - 5 = 0$
- 23)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 1,2 = 0$
- 24)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1 = 0$
- 25)  $x^3 + 3x^2 + 12x + 3 = 0$
- 26)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 2 = 0$
- 27)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,4x - 1,4 = 0$
- 28)  $x^3 + 0,4x^2 + 0,6x - 1,6 = 0$
- 29)  $x^3 + x - 3 = 0$
- 30)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x + 1,4 = 0$

## Лабораторная работа № 4

**Тема занятия: Использование ППП для приближенного решения уравнений комбинированным методом**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## 1 Теоретическая часть

В комбинированном методе на каждом шаге получаются два приближения к корню: снизу и сверху. Если на отрезке  $[a, b]$  знаки  $f'(x)$  и  $f''(x)$  совпадают, то нижнее приближение вычисляется по формуле метода хорд, а верхнее — по формуле метода касательных; в противном случае — наоборот.

Итак, алгоритм комбинированного метода можно описать следующим образом.

Начальные приближения:

$$y_0 = a, z_0 = b.$$

Итерационный процесс:

при  $f'(x)f''(x) > 0$ :

$$y_{k+1} = y_k - \frac{(z_k - y_k)f'(y_k)}{f(z_k) - f(y_k)}, \quad z_{k+1} = z_k - \frac{f(z_k)}{f'(z_k)},$$

при  $f'(x)f''(x) < 0$ :

$$y_{k+1} = y_k - \frac{f(y_k)}{f'(y_k)}, \quad z_{k+1} = z_k - \frac{(z_k - y_k)f'(z_k)}{f(z_k) - f(y_k)},$$

$$\varepsilon_k = \frac{(z_k - y_k)}{\gamma}, \quad k = 0, 1, \dots$$

Условия окончания вычислений:

$$\varepsilon_k < \varepsilon_0$$

Результат:

$$x^* = \frac{y_k + z_k}{2}$$

## 2 Практическая часть

**Задание 1** Комбинированным методом найти корень

$x^4 + 2x^3 + x^2 + x - 1 = 0$  на отрезке  $[0, 1]$  с абсолютной погрешностью 0.005.

**Решение**

$$f'(x) = 4x^3 + 6x^2 + 2x + 1 > 0.$$

$$f''(x) = 12x^2 + 12x + 2 > 0, \text{ т.е. } f'(x)f''(x) > 0$$

$$f(0) = -1, f(1) = 4$$

Очевидно вычисления по формулам:

$$y_{k+1} = y_k - \frac{(z_k - y_k)f'(y_k)}{f(z_k) - f(y_k)}, \quad z_{k+1} = z_k - \frac{f(z_k)}{f'(z_k)}$$

приведены в таблице. Результаты: корень  $x^* = 0.483$ , невязка  $f(x^*) = 0.005$ , количество итераций  $n = 3$ .

k	$y_k$	$z_k$	$f(y_k)$	$f(z_k)$	$f'(z_k)$	$\varepsilon_k$
0	0.000	1.000	-1.000	4.000	13.000	0.500
1	0.260	0.692	-0.742	1.065	6.588	0.246
2	0.402	0.531	-0.280	0.190	4.348	0.064
3	0.475	0.487	0.020	0.011	3.858	0.004

**Задание 2** Комбинированным методом найти корень уравнения

$$\operatorname{tg}(0,55x + 0,1) = x^2$$

с абсолютной погрешностью 0.001.

**Задание 3** Комбинированным методом найти корень уравнения

$$x^3 - 0,2x^2 + 0,5x + 1,5 = 0$$

с абсолютной погрешностью 0.001.

Сравнить полученные результаты с результатами применения других методов уточнения корней

**Задание 4.** Проанализировать полученные результаты применения методов уточнения корней уравнения. Сделать выводы.

**Задание для самостоятельной работы дома:**

3) Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них с помощью комбинированного метода с точностью до 0,001.

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) $x^3 - 3x^2 + 9x - 8 = 0$        | 16) $x^3 + 4x - 6 = 0$              |
| 2) $x^3 - 6x - 8 = 0$               | 17) $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x + 0,8 = 0$ |
| 3) $x^3 - 3x^2 + 6x + 3 = 0$        | 18) $x^3 - 3x^2 + 12x - 12 = 0$     |
| 4) $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$  | 19) $x^3 - 0,2x^2 + 0,3x + 1,2 = 0$ |
| 5) $x^3 - 3x^2 + 9x + 2 = 0$        | 20) $x^3 - 2x + 4 = 0$              |
| 6) $x^3 + x - 5 = 0$                | 21) $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1,4 = 0$ |
| 7) $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 1,2 = 0$  | 22) $x^3 - 3x^2 + 6x - 5 = 0$       |
| 8) $x^3 + 3x + 1 = 0$               | 23) $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 1,2 = 0$ |
| 9) $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 2 = 0$    | 24) $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1 = 0$   |
| 10) $x^3 - 3x^2 + 12x - 9 = 0$      | 25) $x^3 + 3x^2 + 12x + 3 = 0$      |
| 11) $x^3 + 0,2x^2 + 0,3x - 1,2 = 0$ | 26) $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 2 = 0$   |
| 12) $x^3 - 3x^2 + 6x - 2 = 0$       | 27) $x^3 - 0,2x^2 + 0,4x - 1,4 = 0$ |
| 13) $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$ | 28) $x^3 + 0,4x^2 + 0,6x - 1,6 = 0$ |
| 14) $x^3 + 3x^2 + 6x - 1 = 0$       | 29) $x^3 + x - 3 = 0$               |
| 15) $x^3 + 0,1x^2 + 0,4x - 1,2 = 0$ | 30) $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x + 1,4 = 0$ |



## Лабораторная работа № 5

**Тема занятия: Использование ППП для приближенного решения уравнений методом итераций**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

### *1 Теоретическая часть*

Метод простой итерации применяется к решению нелинейного уравнения с выделенным линейным членом вида

$$x = \varphi(x), \quad (1)$$

где  $\varphi(x)$  — непрерывная функция.

Он состоит в построении последовательности приближений к корню, которая начинается с начального приближения  $x_0$ , принадлежащего отрезку  $[a, b]$ , и определяется формулой

$$x_k = \varphi(x_{k-1}), \quad k = 1, 2, \dots$$

Сходимость последовательности  $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots$  к корню обеспечивается при условиях

$$|\varphi'(x_k)| < 1, \quad a \leq x_k \leq b \quad k = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Если  $\varphi'(x_k) > 0$ , то последовательность  $x_1, x_2, \dots, x_k, \dots$  — монотонная (приближается к корню с одной стороны); если же  $\varphi'(x_k) < 0$ , то последовательность — колеблющаяся (приближается к корню с разных сторон). В качестве начального приближения обычно берут середину отрезка, т.е.

$$x = \frac{a+b}{2}$$

Итерационный процесс заканчивается при выполнении условия

$$\varepsilon_k \leq \varepsilon_0, \quad \varepsilon_k = \frac{q|x_k - x_{k-1}|}{1-q}, \dots q = \max|\varphi'(x)| \text{ при } a \leq x \leq b$$

При монотонном движении к корню

$$x^* = x_k$$

при колебательном движении к корню

$$x^* = \frac{x_{k+1} + x_k}{2}$$

Если исходное уравнение имеет вид

$$f(x) = 0, \quad (3)$$

то для применения метода простой итерации оно должно быть предварительно преобразовано к виду (1) так, чтобы выполнялось условие (2). Если возможно несколько вариантов такого преобразования, то следует выбрать вариант с наименьшим значением  $q$ , так как при этом скорость сходимости будет наибольшей. Уравнение (3) всегда может быть приведено к виду (1) с гарантией выполнения условия (2), если положить:

$$\varphi'(x) = x - \frac{f(x)}{M}, \text{ если } \dots f'(x) > 0 \quad \text{при } a \leq x \leq b$$

$$\varphi'(x) = x + \frac{f(x)}{M}, \text{ если } \dots f'(x) < 0 \quad \text{при } a \leq x \leq b,$$

где  $M = \max|f'(x)|$  при  $a \leq x \leq b$ .

## 2 Практическая часть

**Задание 1** Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них с помощью метода итераций с точностью до 0,001.

$$x^3 - 2x^2 + 7x + 3 = 0$$

Отделим корни аналитически:

$$f(x) = x^3 - 2x^2 + 7x + 3; \quad f'(x) = 3x^2 - 4x + 7; \quad D = 4 - 21 \cdot 4 < 0$$

<b>x</b>	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
<b>f(x)</b>	-207	-121	-63	-27	-7	3	9	17	33	63	113

уравнение имеет один действительный корень на промежутке  $[-1; 0]$ .  
Уточним этот корень методом итераций.

Приведем это уравнение к виду

$$x = \varphi(x),$$

так, чтобы

$$|\varphi'(x)| < 1, \text{ при } -1 \leq x \leq 0$$

Функцию  $\varphi(x)$  будем искать из соотношения

$$\varphi(x) = x - \frac{f(x)}{M}$$

Так как  $M = \max|f'(x)| = f'(-1) = 3 + 4 + 7 = 14$ , на отрезке  $[-1; 0]$

тогда

$$x = x - \frac{x^3 - 2x^2 + 7x + 3}{14}$$

Пусть  $x_0 = \frac{0-1}{2} = 0,5$ ,  $x_k = \varphi(x_{k-1})$ ,  $k = 1, 2, \dots$

Вычисления располагаем в таблице

<b>k</b>	<b><math>x_n</math></b>	<b><math>\varphi(x)</math></b>
0	-0,500	-0,420
1	-0,420	-0,394
2	-0,394	-0,385
3	-0,385	-0,382
4	-0,382	-0,380
5	-0,380	-0,380

$$x^* = -0.380$$

**Задание 2** Отделить корни графически и уточнить один из них с помощью метода итераций с точностью до 0,001

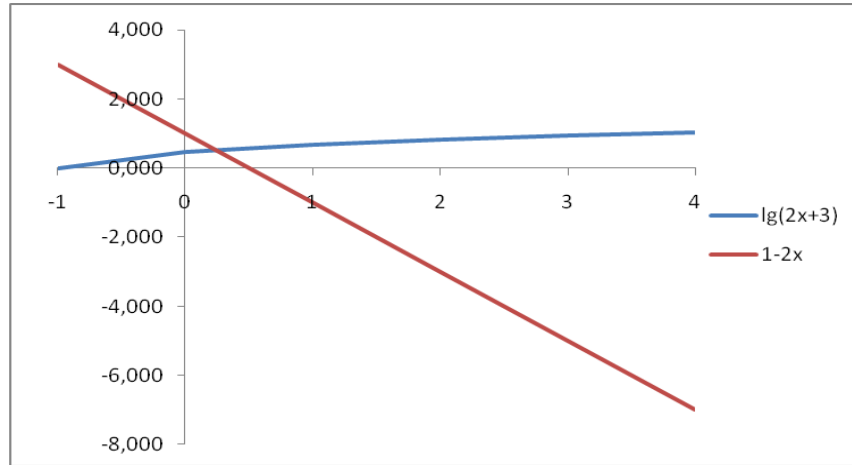
$$2x + \lg(2x+3) = 1$$

Найдем приближенные значения корней графически, для этого уравнение удобно представить в виде

$$\lg(2x+3) = 1 - 2x$$

Построим график функций

<b>x</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
$\lg(2x+3)$	0,000	0,477	0,699	0,845	0,954	1,041
$1-2x$	3,000	1,000	-1,000	-3,000	-5,000	-7,000



Из графика видно, что корень уравнения один и лежит он в промежутке  $[0; 0,5]$ . Уточним этот корень методом итераций.

Приведем это уравнение к виду

$$x = \varphi(x),$$

$$f(x) = 2x + \lg(2x+3) - 1; f'(x) = 2 + \frac{2 \lg e}{2x+3} = 2 + \frac{0,8686}{2x+3}$$

Так как  $M = \max |f'(x)| = f'(0) = 2 + \frac{0,8686}{2 \cdot 0 + 3} = 2,2895$ ;  $M = 2$  в промежутке  $[0; 0,5]$

$$x = x - \frac{2x + \lg(2x+3) - 1}{2} = \frac{1 - \lg(2x+3)}{2}$$

Пусть  $x_0 = \frac{0,5 - 0}{2} = 0,25$

Вычисления располагаем в таблице

$k$	$x_n$	$\varphi(x)$
0	0,250	0,228
1	0,228	0,231
2	0,231	0,230
3	0,230	0,230

$$x^* = 0.230$$

### Задание для самостоятельной работы дома:

1 Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них с помощью метода итераций с точностью до 0,001

1)  $x^3 + 2x^2 + 2 = 0$

2)  $x^3 - 3x^2 + 9x - 10 = 0$

3)  $x^3 - 2x + 2 = 0$

16)  $x^3 + 0,1x^2 + 0,4x - 1,2 = 0$

17)  $x^3 + 3x^2 + 6x - 1 = 0$

18)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$

- 4)  $x^3 + 0,4x^2 + 0,6x - 1,6 = 0$
- 5)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,4x - 1,4 = 0$
- 6)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 2 = 0$
- 7)  $x^3 + 3x^2 + 12x + 3 = 0$
- 8)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1 = 0$
- 9)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x + 1,2 = 0$
- 10)  $x^3 - 3x^2 + 6x - 5 = 0$
- 11)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,5x - 1,4 = 0$
- 12)  $x^2 + 2x + 4 = 0$
- 13)  $x^3 - 3x^2 + 12x - 12 = 0$
- 14)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 0,8 = 0$
- 15)  $x^3 + 4x - 6 = 0$

- 19)  $x^3 - 3x^2 + 6x - 2 = 0$
- 20)  $x^3 - 0,2x^2 + 0,3x - 1,2 = 0$
- 21)  $x^3 - 3x^2 + 12x - 9 = 0$
- 22)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 2 = 0$
- 23)  $x^3 + 3x + 1 = 0$
- 24)  $x^3 + 0,2x^2 + 0,5x - 1,2 = 0$
- 25)  $x^3 - 3x^2 + 94x - 2 = 0$
- 26)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,4x - 1,5 = 0$
- 27)  $x^3 - 3x^2 + 6x + 3 = 0$
- 28)  $x^3 - 0,1x^2 + 0,3x - 0,6 = 0$
- 29)  $x^3 + 3x - 1 = 0$
- 30)  $x^3 + x - 3 = 0$

2 Отделить корни графически и уточнить один из них с помощью метода итераций с точностью до 0,001

- 1)  $\ln x + (x+1)^3 = 0$
- 2)  $x + 2^x = 1$
- 3)  $\sqrt{x+1} = \frac{1}{x}$
- 4)  $3 - \cos x = 0$
- 5)  $3x - \cos x + 1 = 0$
- 6)  $x + \ln x = 0,5$
- 7)  $2 - x = \ln x$
- 8)  $(x-1)^2 = \frac{1}{2}e^x$
- 9)  $(2-x)e^x = 0,5$
- 10)  $2,2x - 2^x = 0$
- 11)  $x^2 + 4\sin x = 0$
- 12)  $2x - \lg x = 7$
- 13)  $5x - 8\ln x = 8$
- 14)  $3x - e^x = 0$
- 15)  $x(x+1)^2 = 1$

- 16)  $x = (x+1)^3$
- 17)  $x^2 = \sin x$
- 18)  $x^3 = \sin x$
- 19)  $x = \sqrt{\lg(x+2)}$
- 20)  $x^3 = \ln(x+1)$
- 21)  $2x + \lg x = -0,5$
- 22)  $2x + \cos x = 0,5$
- 23)  $\sin 0,5x + 1 = x^2$
- 24)  $0,5x + \lg(x+1) = 0,5$
- 25)  $\sin(0,5+x) = 2x - 0,5$
- 26)  $\lg(2+x) + 2x = 3$
- 27)  $\lg(1+2x) = 2-x$
- 28)  $2\sin(x-0,6) = 1,5-x$
- 29)  $x + \lg(1+x) = 1,5$
- 30)  $x + \cos x = 1$

## Лабораторная работа № 6

**Тема занятия: Использование ППП для решения системы линейных уравнений матричным методом**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

### I. Теоретическая часть

В текстовых процессорах используются встроенные функции рабочего листа для выполнения математических, текстовых и логических операций, а также для

поиска информации на рабочем листе. Функции по сравнению с формулами работают быстрее, занимают меньше места в строке формул и уменьшают вероятность появления ошибок при наборе.

- Данные передаются в функции с помощью аргументов, которые заключаются в скобки и располагаются после имени функции. Аргументами могут быть, например, числа, ссылки, текст, логические значения.

- Знак равенства, предшествующий функции, необходим для первой функции, вводимой в ячейку. Допустимо использование вложенных функций. В этом случае знак равенства ставится только перед внешней функцией.

- Массивы - удобное средство обработки групп однотипных данных. Массивы могут быть аргументами в некоторых функциях или формулах, возвращающих в результате вычислений либо единственное значение, либо массив новых значений.

Использование функций для массива значительно сокращает требуемый объем памяти, так как не повторяется написание формул и функций для всех используемых ячеек.

Функции для массива отличаются от обычной функции следующим:

- могут использоваться в качестве аргумента список постоянных значений (констант массива);
- могут возвращать не один результат, а более (в несколько ячеек);
- если массивы используются как аргументы или операнды в формуле, их размеры должны быть согласованы;
- в написании функций для массива участвуют фигурные скобки, которые появляются автоматически при нажатии клавиш `Ctrl + Shift + Enter` и заключают функцию внутрь;
- нельзя изменить, очистить или удалить одну из ячеек интервала массива, поскольку все ячейки связаны одной функцией;

#### ***Для создания формулы массива:***

=> выделите диапазон, в который следует ввести формулу; наберите формулу;

=> нажмите клавиши `Ctrl + Shift + Enter`, перед этим убедитесь, что курсор находится в строке формул.

Для того чтобы ***отредактировать*** написание функции: => выделите любую ячейку массива;

=> перейдите в строку формул, фигурные скобки при этом исчезнут;

=> отредактируйте написание функции;

=> нажмите клавиши `Ctrl + Shift + Enter`.

При использовании функций работы с массивами следует соблюдать некоторые условия. Рассмотрим их для следующих функций:

**MMULT** (произведение матриц)

1. Число столбцов массива 1 должно быть равно числу строк массива 2.

2. Если ячейка пуста или содержит текст, выдается сообщение об ошибке.

MINVERSE (обратная матрица)

1. Матрица должна быть квадратной (т.е. число строк равно числу столбцов).
2. Если ячейка пуста выдается сообщение об ошибке.

TRANSPOSE (транспонирование матрицы)

1. Транспонированную матрицу нельзя копировать обычным способом в другое место. Нужно использовать специальную вставку.

MDETERM (возвращает определитель матрицы)

1. Матрица хранится в массиве

## 2 Практическая часть

**Задание 1.** Решите систему уравнений матричным методом.

Алгоритм решения:  $X = A^{-1} * B$ ,

где  $A^{-1}$  - обратная матрица, составленная из коэффициентов левой части уравнений,  $B$  - вектор свободных членов (коэффициенты правой части уравнений).

a)  $x_1 - 2x_2 = 1$   
 $3x_1 - 4x_2 = 7$

b)  $x_1 + 2x_2 + 5x_3 = -9$   
 $x_1 - x_2 + 3x_3 = 2$   
 $3x_1 - 6x_2 - x_3 = 25$

c)  $2x_1 - 3x_2 + 6x_3 = 17$   
 $x_1 + 5x_2 - x_3 = -6$   
 $3x_1 + 7x_2 + 10x_3 = 16$

d)  $x_1 + 2x_2 = 7$   
 $x_1 + x_2 = 4$

e)  $2x_1 - x_2 + x_3 = 0$   
 $3x_1 + 2x_2 - 5x_3 = 1$   
 $x_1 + 3x_2 - 2x_3 = 4$

f)  $x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 19$   
 $x_1 + 4x_2 - 2x_3 = 0$   
 $4x_1 + 5x_2 - 3x_3 = -8$

g)  $5x_1 - 2x_2 = 7$   
 $10x_1 + 7x_2 = 3$

h)  $2,1 x_1 + 4,5x_2 = 13,5$   
 $3,7 x_1 - 0,1x_2 = -0,3$

i)  $2x_1 + 2x_2 = 7$   
 $x_1 - 3x_2 = -2$

j)  $4x_1 - 2x_2 + 2x_3 = 0$   
 $6x_1 + 4x_2 - 10x_3 = 2$   
 $3x_1 + 9x_2 - 6x_3 = 12$

**Задание для самостоятельной работы дома:**

- 1 Решите систему уравнений матричным методом.



№ 1.

$$\begin{cases} 4,4x_1 - 2,5x_2 + 19,2x_3 - 10,8x_4 = 4,3, \\ 5,5x_1 - 9,3x_2 - 14,2x_3 + 13,2x_4 = 6,8, \\ 7,1x_1 - 11,5x_2 + 5,3x_3 - 6,7x_4 = -1,8, \\ 14,2x_1 + 23,4x_2 - 8,8x_3 + 5,3x_4 = 7,2. \end{cases}$$

№ 3.

$$\begin{cases} 5,2x_1 - 7,8x_2 - 5,6x_3 - 8,3x_4 = 2,7, \\ 6,6x_1 + 13,1x_2 - 6,3x_3 + 4,3x_4 = -5,5, \\ 14,7x_1 - 2,8x_2 + 5,6x_3 - 12,1x_4 = 8,6, \\ 8,5x_1 + 12,7x_2 - 23,7x_3 + 5,7x_4 = 14,7. \end{cases}$$

№ 5.

$$\begin{cases} 15,7x_1 + 6,6x_2 - 5,7x_3 + 11,5x_4 = -2,4, \\ 8,8x_1 - 6,7x_2 + 5,5x_3 - 4,5x_4 = 5,6, \\ 6,3x_1 - 5,7x_2 - 23,4x_3 + 6,6x_4 = 7,7, \\ 14,3x_1 + 8,7x_2 - 15,7x_3 - 5,8x_4 = 23,4. \end{cases}$$

№ 7.

$$\begin{cases} 14,4x_1 - 5,3x_2 + 14,3x_3 - 12,7x_4 = -14,4, \\ 23,4x_1 - 14,2x_2 - 5,4x_3 + 2,1x_4 = 6,6, \\ 6,3x_1 - 13,2x_2 - 6,5x_3 + 14,3x_4 = 9,4, \\ 5,6x_1 + 8,8x_2 - 6,7x_3 - 23,8x_4 = 7,3. \end{cases}$$

№ 9.

$$\begin{cases} 1,7x_1 - 1,8x_2 + 1,9x_3 - 57,4x_4 = 10, \\ 1,1x_1 - 4,3x_2 + 1,5x_3 - 1,7x_4 = 19, \\ 1,2x_1 + 1,4x_2 + 1,6x_3 + 1,8x_4 = 20, \\ 7,1x_1 - 1,3x_2 - 4,1x_3 + 5,2x_4 = 10. \end{cases}$$

№ 11.

$$\begin{cases} 2,2x_1 - 3,1x_2 + 4,2x_3 - 5,1x_4 = 6,01, \\ 1,3x_1 + 2,2x_2 - 1,4x_3 + 1,5x_4 = 10, \\ 6,2x_1 - 7,4x_2 + 8,5x_3 - 9,6x_4 = 1,1, \\ 1,2x_1 + 1,3x_2 + 1,4x_3 + 4,5x_4 = 1,6. \end{cases}$$

№ 13.

$$\begin{cases} 35,1x_1 + 1,7x_2 + 37,5x_3 - 2,8x_4 = 7,5, \\ 45,2x_1 + 21,1x_2 - 1,1x_3 - 1,2x_4 = 11,1, \\ -2,1x_1 + 31,7x_2 + 1,2x_3 - 1,5x_4 = 2,1, \\ 31,7x_1 + 18,1x_2 - 31,7x_3 + 2,2x_4 = 0,5. \end{cases}$$

№ 15.

$$\begin{cases} 7,5x_1 + 1,8x_2 - 2,1x_3 - 7,7x_4 = 1,1, \\ -10x_1 + 1,3x_2 - 20x_3 - 1,4x_4 = 1,5, \\ 2,8x_1 - 1,7x_2 + 3,9x_3 + 4,8x_4 = 1,2, \\ 10x_1 + 31,4x_2 - 2,1x_3 - 10x_4 = -1,1. \end{cases}$$

№ 17.

$$\begin{cases} 7,3x_1 - 8,1x_2 + 12,7x_3 - 6,7x_4 = 8,8, \\ 11,5x_1 - 6,2x_2 - 8,3x_3 + 9,2x_4 = 21,5, \\ 8,2x_1 - 5,4x_2 + 4,3x_3 - 2,5x_4 = 6,2, \\ 2,4x_1 + 11,5x_2 - 3,3x_3 + 14,2x_4 = -6,2. \end{cases}$$

№ 19.

$$\begin{cases} 6,4x_1 + 7,2x_2 - 8,3x_3 + 42x_4 = 2,23, \\ 5,8x_1 - 8,3x_2 + 14,3x_3 - 6,2x_4 = 17,1, \\ 8,6x_1 + 7,7x_2 - 18,3x_3 + 8,8x_4 = -5,4, \\ 13,2x_1 - 5,2x_2 - 6,5x_3 + 12,2x_4 = 6,5. \end{cases}$$

№ 21.

$$\begin{cases} 7,3x_1 + 12,4x_2 - 3,8x_3 - 14,3x_4 = 5,8, \\ 10,7x_1 - 7,7x_2 + 12,5x_3 + 6,6x_4 = -6,6, \\ 15,6x_1 + 6,6x_2 + 14,4x_3 - 8,7x_4 = 12,4, \\ 7,5x_1 + 12,2x_2 - 8,3x_3 + 3,7x_4 = 9,2. \end{cases}$$

№ 23.

$$\begin{cases} 8,1x_1 + 1,2x_2 - 9,1x_3 + 1,7x_4 = 10, \\ 1,1x_1 - 1,7x_2 + 7,2x_3 - 3,4x_4 = 1,7, \\ 1,7x_1 - 1,8x_2 + 10x_3 + 2,3x_4 = 2,1, \\ 1,3x_1 + 1,7x_2 - 9,9x_3 + 3,5x_4 = 27,1. \end{cases}$$

№ 25.

$$\begin{cases} 1,7x_1 + 9,9x_2 - 20x_3 - 1,7x_4 = 1,7, \\ 20x_1 + 0,5x_2 - 30,1x_3 - 1,1x_4 = 2,1, \\ 10x_1 - 20x_2 + 30,2x_3 + 0,5x_4 = 1,8, \\ 3,3x_1 - 0,7x_2 + 3,3x_3 + 20x_4 = -1,7. \end{cases}$$

№ 27.

$$\begin{cases} 1,1x_1 + 11,3x_2 - 1,7x_3 + 1,8x_4 = 10, \\ 1,3x_1 - 11,7x_2 + 1,8x_3 + 1,4x_4 = 1,3, \\ 1,1x_1 - 10,5x_2 - 1,7x_3 - 1,5x_4 = 1,1, \\ 1,5x_1 - 0,5x_2 + 1,8x_3 - 1,1x_4 = 10. \end{cases}$$

№ 29.

$$\begin{cases} 1,3x_1 - 1,7x_2 + 3,3x_3 + 1,7x_4 = 1,1, \\ 10x_1 + 5,5x_2 - 1,3x_3 + 3,4x_4 = 1,3, \\ 1,1x_1 + 1,8x_2 - 2,2x_3 - 1,1x_4 = 10, \\ 1,3x_1 - 1,2x_2 + 2,1x_3 + 2,2x_4 = 1,8. \end{cases}$$

№ 2.

$$\begin{cases} 8,2x_1 - 3,2x_2 + 14,2x_3 + 14,8x_4 = -8,4, \\ 5,6x_1 - 12x_2 + 15x_3 - 6,4x_4 = 4,5, \\ 5,7x_1 + 3,6x_2 - 12,4x_3 - 2,3x_4 = 3,3, \\ 6,8x_1 + 13,2x_2 - 6,3x_3 - 8,7x_4 = 14,3. \end{cases}$$

№ 4.

$$\begin{cases} 3,8x_1 + 14,2x_2 + 6,3x_3 - 15,5x_4 = 2,8, \\ 8,3x_1 - 6,6x_2 + 5,8x_3 + 12,2x_4 = -4,7, \\ 6,4x_1 - 8,5x_2 - 4,3x_3 + 8,8x_4 = 7,7, \\ 17,1x_1 - 8,3x_2 + 14,4x_3 - 7,2x_4 = 13,5. \end{cases}$$

№ 6.

$$\begin{cases} 4,3x_1 - 12,1x_2 + 23,2x_3 - 14,1x_4 = 15,5, \\ 2,4x_1 - 4,4x_2 + 3,5x_3 + 5,5x_4 = 7,5, \\ 5,4x_1 + 8,3x_2 - 7,4x_3 - 12,7x_4 = 8,6, \\ 6,3x_1 - 7,6x_2 + 1,34x_3 + 3,7x_4 = 12,1. \end{cases}$$

№ 8.

$$\begin{cases} 1,7x_1 + 10x_2 - 1,3x_3 + 2,1x_4 = 3,1, \\ 3,1x_1 + 1,7x_2 - 2,1x_3 + 5,4x_4 = 2,1, \\ 3,3x_1 - 7,7x_2 + 4,4x_3 - 5,1x_4 = 1,9, \\ 10x_1 - 20,1x_2 + 20,4x_3 + 1,7x_4 = 1,8. \end{cases}$$

№ 10.

$$\begin{cases} 6,1x_1 + 6,2x_2 - 6,3x_3 + 6,4x_4 = 6,5, \\ 1,1x_1 - 1,5x_2 + 2,2x_3 - 3,8x_4 = 4,2, \\ 5,1x_1 - 5,0x_2 + 4,9x_3 - 4,8x_4 = 4,7, \\ 1,8x_1 + 1,9x_2 + 2,0x_3 - 2,1x_4 = 2,2. \end{cases}$$

№ 12.

$$\begin{cases} 35,8x_1 + 2,1x_2 - 34,5x_3 - 11,8x_4 = 0,5, \\ 27,1x_1 - 7,5x_2 + 11,7x_3 - 23,5x_4 = 12,8, \\ 11,7x_1 + 1,8x_2 - 6,5x_3 + 7,1x_4 = 1,7, \\ 6,3x_1 + 10x_2 + 7,1x_3 + 3,4x_4 = 20,8. \end{cases}$$

№ 14.

$$\begin{cases} 1,1x_1 + 11,2x_2 + 11,1x_3 - 13,1x_4 = 1,3, \\ -3,3x_1 + 1,1x_2 + 30,1x_3 - 20,1x_4 = 1,1, \\ 7,5x_1 + 1,3x_2 + 1,1x_3 + 10x_4 = 20, \\ 1,7x_1 + 7,5x_2 - 1,8x_3 + 2,1x_4 = 1,1. \end{cases}$$

№ 16.

$$\begin{cases} 30,1x_1 - 1,4x_2 + 10x_3 - 1,5x_4 = 10, \\ -17,5x_1 + 11,1x_2 + 1,3x_3 - 7,5x_4 = 1,3, \\ 1,7x_1 - 21,1x_2 + 7,1x_3 - 17,1x_4 = 10, \\ 2,1x_1 + 2,1x_2 + 3,5x_3 + 3,3x_4 = 1,7. \end{cases}$$

№ 18.

$$\begin{cases} 4,8x_1 + 12,5x_2 - 6,3x_3 - 9,7x_4 = 3,5, \\ 22x_1 - 31,7x_2 + 12,4x_3 - 8,7x_4 = 4,6, \\ 15x_1 + 21,1x_2 - 4,5x_3 + 14,4x_4 = 15, \\ 8,6x_1 - 14,4x_2 + 6,2x_3 + 2,8x_4 = -1,2. \end{cases}$$

№ 20.

$$\begin{cases} 14,2x_1 + 3,2x_2 - 4,2x_3 + 8,5x_4 = 13,2, \\ 6,3x_1 - 4,3x_2 + 12,7x_3 - 5,8x_4 = -4,4, \\ 8,4x_1 - 22,3x_2 - 5,2x_3 + 4,7x_4 = 6,4, \\ 2,7x_1 + 13,7x_2 + 6,4x_3 - 12,7x_4 = 8,5. \end{cases}$$

№ 22.

$$\begin{cases} 13,2x_1 - 8,3x_2 - 4,4x_3 + 6,2x_4 = 6,8, \\ 8,3x_1 + 4,2x_2 - 5,6x_3 + 7,7x_4 = 12,4, \\ 5,8x_1 - 3,7x_2 + 12,4x_3 - 6,2x_4 = 8,7, \\ 3,5x_1 + 6,6x_2 - 13,8x_3 - 9,3x_4 = -10,8. \end{cases}$$

№ 24.

$$\begin{cases} 3,3x_1 - 2,2x_2 - 10x_3 + 1,7x_4 = 1,1, \\ 1,8x_1 + 21,1x_2 + 1,3x_3 - 2,2x_4 = 2,2, \\ -10x_1 + 1,1x_2 + 20x_3 - 4,5x_4 = 10, \\ 70x_1 - 1,7x_2 - 2,2x_3 + 3,3x_4 = 2,1. \end{cases}$$

№ 26.

$$\begin{cases} 1,7x_1 - 1,3x_2 - 1,1x_3 - 1,2x_4 = 2,2, \\ 10x_1 - 10x_2 - 1,3x_3 + 1,3x_4 = 1,1, \\ 3,5x_1 + 3,3x_2 + 1,2x_3 + 1,3x_4 = 1,2, \\ 1,3x_1 + 1,1x_2 - 1,3x_3 - 1,1x_4 = 10. \end{cases}$$

№ 28.

$$\begin{cases} 1,4x_1 + 2,1x_2 - 3,3x_3 + 1,1x_4 = 10, \\ 10x_1 - 1,7x_2 + 1,1x_3 - 1,5x_4 = 1,7, \\ 2,2x_1 + 34,4x_2 - 1,1x_3 - 1,2x_4 = 20, \\ 1,1x_1 + 1,3x_2 + 1,2x_3 + 1,4x_4 = 1,3. \end{cases}$$

№ 30.

$$\begin{cases} 1,2x_1 + 1,8x_2 - 2,2x_3 - 4,1x_4 = 1,3, \\ 10x_1 - 5,1x_2 + 1,2x_3 + 5,5x_4 = 1,2, \\ 2,2x_1 - 30,1x_2 + 3,1x_3 + 5,8x_4 = 10, \\ 10x_1 + 2,4x_2 - 30,5x_3 - 2,2x_4 = 34,1. \end{cases}$$

## Лабораторная работа № 7

**Тема занятия: Использование ППП для решения системы линейных уравнений методом единственного деления. Применение метода единственного деления**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

Наиболее распространенным методом решения систем линейных уравнений является **метод последовательного исключения неизвестных или метод Гаусса**.

*Элементарными преобразованиями* называются следующие три типа преобразований систем линейных уравнений:

- 1) перестановка двух уравнений системы;
- 2) умножение обеих частей уравнения системы на любое отличное от нуля число;
- 3) прибавление (вычитание) к обеим частям одного уравнения соответствующих частей другого уравнения, умноженных на любое отличное от нуля число.

Элементарные преобразования переводят данную систему линейных уравнений в эквивалентную.

*Метод последовательного исключения неизвестных [метод Гаусса]* рассмотрим на примере системы четырех уравнений с четырьмя неизвестными.

Метод Гаусса применим при том условии, что все ведущие коэффициенты отличны от нуля.

Пусть дана система

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 = a_{15}, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 = a_{25}, \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 = a_{35}, \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{44}x_4 = a_{45}. \end{cases} \quad (1)$$

Будем исключать неизвестное  $x_1$  из всех уравнений системы (1), кроме первого. Назовем  $x_1$  *ведущим неизвестным*, а коэффициент  $a_{11}$  — *ведущим коэффициентом*. Разделим первое уравнение на  $a_{11}$ , получим

$$x_1 + \frac{a_{12}}{a_{11}}x_2 + \frac{a_{13}}{a_{11}}x_3 + \frac{a_{14}}{a_{11}}x_4 = \frac{a_{15}}{a_{11}}.$$

обозначим

$b_{ij} = a_{ij}/a_{11}$  ( $j > 1$ ). Тогда рассматриваемое уравнение примет вид

$$x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + b_{14}x_4 = b_{15}, \quad (2)$$

$$x_1 = b_{15} - b_{12}x_2 - b_{13}x_3 - b_{14}x_4.$$

Для исключения неизвестного  $x_1$  из уравнений системы (1) проведем следующие преобразования.

1) Из каждого  $i$ -го ( $i > 2$ ) уравнения системы (1) вычтем уравнение (2), умноженное на  $a_{i1}$ :

Обозначим  $a_{ij}^{(1)} = a_{ij} - a_{i1}b_j$

В результате проведенных элементарных преобразований имеем систему трех уравнений с тремя неизвестными, эквивалентную системе (I):

$$\begin{cases} a_{23}^{(1)}x_3 + a_{24}^{(1)}x_4 = a_{25}^{(1)}, \\ a_{33}^{(1)}x_3 + a_{34}^{(1)}x_4 = a_{35}^{(1)}, \\ a_{43}^{(1)}x_3 + a_{44}^{(1)}x_4 = a_{45}^{(1)}. \end{cases} \quad (1')$$

Разделив, далее, коэффициенты первого уравнения системы (1') на ведущий коэффициент  $a_{22}^{(1)} \neq 0$ , получим первое уравнение системы в виде

$$x_1 + \frac{a_{12}^{(1)}}{a_{22}^{(1)}} x_2 + \frac{a_{13}^{(1)}}{a_{22}^{(1)}} x_3 + \frac{a_{14}^{(1)}}{a_{22}^{(1)}} x_4 = \frac{a_{11}^{(1)}}{a_{22}^{(1)}}$$

Обозначим  $b_{2j}^{(1)} = \frac{a_{2j}^{(1)}}{a_{22}^{(1)}}$ , ( $j \geq 2$ ). Тогда первое уравнение системы (1') примет вид

$$\begin{aligned} x_1 + b_{22}^{(1)} x_2 + b_{23}^{(1)} x_3 + b_{24}^{(1)} x_4 &= b_{21}^{(1)}, \\ x_2 - b_{32}^{(1)} x_3 - b_{42}^{(1)} x_4 &= b_{31}^{(1)}. \end{aligned} \quad (2')$$

Исключая теперь  $x_2$  из всех уравнений системы (1'), кроме первого, таким же способом, какими мы исключали  $x_1$ , приходим к следующей системе из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} a_{33}^{(2)} x_3 + a_{34}^{(2)} x_4 = a_{31}^{(2)}, \\ a_{43}^{(2)} x_3 + a_{44}^{(2)} x_4 = a_{41}^{(2)}, \end{cases}$$

где ( $i, j \geq 3$ ). Разделив коэффициенты первого уравнения системы (1'') на ведущий коэффициент  $a_{33}^{(2)} \neq 0$ , получим

$$x_3 + b_{34}^{(2)} x_4 = b_{31}^{(2)}. \quad (2'')$$

где  $b_{3j}^{(2)} = \frac{a_{3j}^{(2)}}{a_{33}^{(2)}} (j \geq 3)$

$$x_3 - b_{43}^{(2)} x_4 = b_{41}^{(2)}.$$

Исключив теперь  $x_3$  аналогичным путем из системы (1'''), находим

$$a_{44}^{(3)} x_4 = a_{45}^{(3)} \quad (1'''),$$

где  $a_{ij}^{(3)} = a_{ij}^{(2)} - a_{i3}^{(2)} b_{3j}^{(2)}$ . Отсюда

$$x_4 = \frac{a_{45}^{(3)}}{a_{44}^{(3)}} \quad (2''')$$

Остальные неизвестные системы последовательно определяются из уравнений (2''), (2') и (2):

$$x_3 = b_{34}^{(2)} x_4 + b_{31}^{(2)},$$

$$x_2 = b_{32}^{(1)} x_3 + b_{42}^{(1)} x_4 + b_{21}^{(1)},$$

$$x_1 = b_{12}^{(1)} x_2 + b_{13}^{(1)} x_3 + b_{14}^{(1)} x_4 + b_{11}^{(1)}.$$

Таким образом, процесс решения системы линейных уравнений по методу Гаусса сводится к построению эквивалентной системы уравнений (2), (2'), (2'') (2''').

Для удобства вычисления производятся по схеме, называемой *схемой единственного деления*. Вычисление элементов  $b_{ij}$  называется *прямым ходом*, вычисление значений неизвестных — *обратным ходом*, так как сначала определяется значение последнего неизвестного.

Схема единственного деления (схема Гаусса) составляется следующим образом.

В раздел I схемы (см. табл. ) записываются коэффициенты при неизвестных (в столбцах соответствующих неизвестных), свободные члены и для каждой строки подсчитанные «контрольные суммы» (столбец 2), равные сумме элементов  $a_{ij}$  в данной строке (здесь  $i = 1, 2, 3, 4$ ;  $j = 1, 2, 3, 4, 5$ ); последняя строка раздела I, состоящая из 1 и элементов  $b_{ij}$ , получается делением первой строки раздела на ведущий коэффициент  $a_{11}$ .

Элементы раздела II схемы равны соответствующим элементам раздела I минус произведение  $a_{ij}b_{1j}$  ( $i, j \geq 2$ ). Последняя строка раздела II, состоящая из 1 и элементов  $b_{2j}^{(1)}$ , получается делением первой строки раздела на ведущий коэффициент  $a_{22}^{(1)}$ .

Аналогично вычисляются элементы III и IV разделов схемы. 1 II III и IV разделы, заканчивающиеся вычислением элементов  $b_{ij}^{(i-1)}$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ;  $j = 2, 3, 4, 5$ ) составляют прямой ход вычислений схемы.

*Обратный ход* начинается с вычисления последнего неизвестного системы линейных уравнений  $x_4$  и заканчивается вычислением первого неизвестного  $x_1$ . При обратном ходе используются лишь строки прямого хода, содержащие единицы и соответствующие элементы  $b_{ij}$  (назовем эти строки «отмеченными»).

Элемент  $b_{45}^{(3)}$  последней «отмеченной» строки и столбца свободных членов дает значение  $x_4$ . Далее, остальные неизвестные  $x_3, x_2, x_1$  находятся вычитанием из свободного члена «отмеченной» строки суммы произведений ее коэффициентов на соответствующие значения ранее найденных неизвестных.

Значения неизвестных последовательно выписываются в V раздел. Расставленные там единицы помогают находить для  $x_j$  соответствующие коэффициенты в «отмеченных» строках.

Для контроля вычислений используются так называемые контрольные суммы:

$$a_{i4} = \sum_{j=1}^5 a_{ij} - 1231 \quad b_{i4} = \sum_{j=1}^5 b_{ij} - 1231$$

Над контрольными суммами в каждой строке проделываются те же операции, что и над остальными элементами этой строки. При отсутствии ошибок в вычислениях элементы столбца  $\Sigma$  равны суммам элементов соответствующих преобразованных строк. Таким образом, контролируется прямой ход схемы.

Для контроля обратного хода  $\bar{x}_4$  находится в последней «отмеченной» строке столбца  $\Sigma$ , т. е.  $\bar{x}_4 = b_{46}^{(3)}$ , а остальные неизвестные этого столбца  $\bar{x}_j$  ( $j = 3, 2, 1$ ) подсчитываются в тех же строках и по тем же формулам, что и неизвестные  $x_j$ , только в формулы подставляются соответствующие  $\bar{x}_j$ . В итоге числа  $\bar{x}_j$  должны совпадать с числами  $x_j + 1$ .

## 2 Практическая часть

**Задание 1.** По схеме единственного деления решить систему

$$\begin{cases} 2x_1 + 2x_2 - x_3 + x_4 = 4, \\ 4x_2 + 3x_3 - x_4 + 2x_4 = 0, \\ 4x_1 + 5x_2 - 3x_3 + 4x_4 = 12, \\ 3x_1 + 3x_2 - 2x_3 + 2x_4 = 5. \end{cases}$$

Решение. В раздел I таблицы 1 вписываем матрицу системы, ее свободные члены и контрольные суммы. Затем подсчитываем «отмеченную» строку этого раздела, разделив первую строку на  $a_{11} = 2$ . Например,  $b_{12} = a_{12}/a_{11} = 2/2 = 1$

Таблица 1

С.	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	Свободные члены	Контроль строки
I	2	2	-1	1	4	6
II	4	3	-1	2	6	11
III	4	5	-3	4	12	26
IV	3	3	-2	2	5	12
I	1	1	-0,5	0,5	2	3
II	-1	1	0	-2	-2	-7
III	-1	1	0	-2	-4	-6
IV	0	1	-0,5	0,5	0	0
II	0	0	0	0	2	2
III	0	0	0	0	2	2
IV	0	0	0	0	0	0
III	0	0	0	0	0	0
IV	0	0	0	0	0	0
V	1	0	0	0	$x_4 = -1$	$x_4 = 0$
		1	0	0	$x_3 = -1$	$x_3 = 1$
		0	1	0	$x_2 = 1$	$x_2 = 2$
		0	0	1	$x_1 = 1$	$x_1 = 2$

Элементы раздела II вычисляем по следующему правилу: каждый элемент этого раздела равен соответствующему элементу раздела I минус произведение первого элемента его строки на элемент «отмеченной» строки в его столбце. Полученный результат записываем на соответствующее место в разделе II. Например,

$$a_{12}^{(1)} = a_{22} - a_{21} \cdot b_{12} = -1 - 4(-0,5) = 1.$$

$$a_{13}^{(1)} = a_{33} - a_{31} \cdot b_{13} = -3 - 4(-0,5) = 1.$$

Элементы «отмеченной» строки раздела II получим, разделив его первую строку на ведущий коэффициент  $a_{22}^{(1)} = -1$ . Например,  $b_{23}^{(1)} = a_{23}^{(1)} / a_{22}^{(1)} = 1 / (-1) = -1$ .

Аналогично вычисляются элементы III и IV разделов. Например:

$$a_{11}^{(2)} = a_{11}^{(1)} - a_{41}^{(1)} b_{41}^{(1)} = 2 - 1 \cdot 0,5 = 1,5,$$

$$a_{33}^{(2)} = a_{33}^{(1)} - a_{43}^{(1)} b_{43}^{(1)} = 0 - 1 \cdot 0,5 = -0,5.$$

Для вычисления элементов раздела V, т. е. для нахождения неизвестных используем «отмеченные» строки, начиная с последней.

Неизвестное  $x_4$  представляет собой свободный член последней «отмеченной» строки:

$x_4 = b_{45}^{(3)} = 1$ , а остальные неизвестные  $x_3$ ,  $x_2$  и  $x_1$  получаются последовательно в результате вычитания из свободных членов «отмеченных» строк суммы произведений соответствующих коэффициентов  $b_{ij}^{(i-1)}$  на ранее найденные значения неизвестных.

Контроль осуществляется с помощью столбца  $\Sigma$ , над которым производятся те же действия, что и над остальными столбцами и в итоге сумма элементов каждой строки схемы (кроме столбца  $\Sigma$ ) должна быть равна элементу этой строки из столбца  $\Sigma$ . Корни  $x_j$  принадлежащие столбцу  $\Sigma$ , должны быть равны  $1 + x_j$  для каждой строки раздела V.

В результате получаем  $x_1 = 1$ ,  $x_2 = 1$ ,  $x_3 = -1$ ,  $x_4 = -1$ .

**Задание 2.** Используя схему Гаусса, решить систему уравнений с точностью до 0,001.

$$0,08x_1 - 0,05x_2 - 0,11x_3 - 0,08x_4 = 2,15,$$

$$0,71x_1 - 0,13x_2 - 0,27x_3 - 0,8x_4 = 0,44$$

$$1 - 0,11x_1 - 0,84x_2 - 0,25x_3 + 0,06x_4 = -0,87,$$

$$-0,08x_1 - 0,15x_2 - 0,5x_3 - 0,12x_4 = 1,36.$$

Вычисления производим по схеме единственного деления:

Коэффициенты при неизвестных				Свободные члены	Контрольные суммы	Суммарная сумма
$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$			
0,68	0,07	0,11	0,08	2,15	7,85	2,85
0,21	4,03	0,27	-0,8	3,44	-0,01	0,01
0,11	0,94	0,78	0,06	3,93	1,34	3,34
-0,98	0,75	-0,5	-0,12	1,18	0,61	0,61
1	0,0735	0,168	0,1176	3,1618	4,1917	4,1917
	0,1484	0,33968	-0,8247	0,21308	0,89015	0,8901
	0,8719	0,2627	0,0729	0,4822	0,97897	0,97899
	0,1559	-0,5129	-0,1306	3,129	0,9451	0,9453
		2,0906	5,6719	5,404	6,1221	6,1217
		1,47697	4,79159	0,7997	4,1140	4,1136
		-0,78697	-0,9648	1,1723	-0,00613	-0,0065
	1	3,2441	0,5411	2,7854		2,7851
			-1,9013	1,0711	-0,5269	0,5302
			1	0,8689	0,3209	0,3311
2,8264	0,7337	2,7101	0,6689			
3,8263	0,6664	1,7119	0,5309			

Отсюда:  $x_1 = 2,826$ ;  $x_2 = 0,734$ ;  $x_3 = 2,711$ ;  $x_4 = 0,669$ .

### Задание для самостоятельной работы дома:

1 Решите систему уравнений методом единственного решения.

№ 1.

$$\begin{cases} 4,4x_1 - 2,5x_2 + 19,2x_3 - 10,8x_4 = 4,3, \\ 5,5x_1 - 9,3x_2 - 14,2x_3 + 13,2x_4 = 6,8, \\ 7,1x_1 - 11,5x_2 + 5,3x_3 - 6,7x_4 = -1,8, \\ 14,2x_1 + 23,4x_2 - 8,8x_3 + 5,3x_4 = 7,2. \end{cases}$$

№ 3.

$$\begin{cases} 5,7x_1 - 7,8x_2 - 5,6x_3 - 8,3x_4 = 2,7, \\ 6,6x_1 + 13,1x_2 - 6,3x_3 + 4,3x_4 = -5,5, \\ 14,7x_1 - 2,8x_2 + 5,6x_3 - 12,1x_4 = 8,6, \\ 8,5x_1 + 12,7x_2 - 23,7x_3 + 5,7x_4 = 14,7. \end{cases}$$

№ 5.

$$\begin{cases} 15,7x_1 + 6,6x_2 - 5,7x_3 + 11,5x_4 = -2,4, \\ 8,8x_1 - 6,7x_2 + 5,5x_3 - 4,5x_4 = 5,6, \\ 6,3x_1 - 5,7x_2 - 23,4x_3 + 6,6x_4 = 7,7, \\ 14,3x_1 + 8,7x_2 - 15,7x_3 - 5,8x_4 = 21,4. \end{cases}$$

№ 7.

$$\begin{cases} 14,4x_1 - 5,3x_2 + 14,3x_3 - 12,7x_4 = -14,4, \\ 23,4x_1 - 14,2x_2 - 5,4x_3 + 2,1x_4 = 6,6, \\ 6,3x_1 - 13,2x_2 - 6,5x_3 + 14,3x_4 = 9,4, \\ 5,6x_1 + 8,8x_2 - 6,7x_3 - 23,8x_4 = 7,3. \end{cases}$$

№ 9.

$$\begin{cases} 1,7x_1 - 1,8x_2 + 1,9x_3 - 57,4x_4 = 10, \\ 1,1x_1 - 4,3x_2 + 1,5x_3 - 1,7x_4 = 19, \\ 1,2x_1 + 1,4x_2 + 1,6x_3 + 1,8x_4 = 20, \\ 7,1x_1 - 1,3x_2 - 4,1x_3 + 5,2x_4 = 10. \end{cases}$$

№ 2.

$$\begin{cases} 8,2x_1 - 3,2x_2 + 14,2x_3 + 14,8x_4 = -8,4, \\ 5,6x_1 - 12x_2 + 15x_3 - 6,4x_4 = 4,5, \\ 5,7x_1 + 3,6x_2 - 12,4x_3 - 2,3x_4 = 3,3, \\ 6,8x_1 + 13,2x_2 - 6,3x_3 - 8,7x_4 = 14,3. \end{cases}$$

№ 4.

$$\begin{cases} 3,8x_1 + 14,2x_2 + 6,3x_3 - 15,5x_4 = 2,8, \\ 8,3x_1 - 6,6x_2 + 5,8x_3 + 12,2x_4 = -4,7, \\ 6,4x_1 - 8,5x_2 - 4,3x_3 + 8,8x_4 = 7,7, \\ 17,1x_1 - 8,3x_2 + 14,4x_3 - 7,2x_4 = 13,5. \end{cases}$$

№ 6.

$$\begin{cases} 4,3x_1 - 12,1x_2 + 23,2x_3 - 14,1x_4 = 15,5, \\ 2,4x_1 - 4,4x_2 + 3,5x_3 + 5,5x_4 = 7,5, \\ 5,4x_1 + 8,3x_2 - 7,4x_3 - 12,7x_4 = 8,6, \\ 6,3x_1 - 7,6x_2 + 1,34x_3 + 3,7x_4 = 12,1. \end{cases}$$

№ 8.

$$\begin{cases} 1,7x_1 + 10x_2 - 1,3x_3 + 2,1x_4 = 3,1, \\ 3,1x_1 + 1,7x_2 - 2,1x_3 + 5,4x_4 = 2,1, \\ 3,3x_1 - 7,7x_2 + 4,4x_3 - 5,1x_4 = 1,9, \\ 10x_1 - 20,1x_2 + 20,4x_3 + 1,7x_4 = 1,8. \end{cases}$$

№ 10.

$$\begin{cases} 6,1x_1 + 6,2x_2 - 6,3x_3 + 6,4x_4 = 6,5, \\ 1,1x_1 - 1,5x_2 + 2,2x_3 - 3,8x_4 = 4,2, \\ 5,1x_1 - 5,0x_2 + 4,9x_3 - 4,8x_4 = 4,7, \\ 1,8x_1 + 1,9x_2 + 2,0x_3 - 2,1x_4 = 2,2. \end{cases}$$



№ 11.

$$\begin{cases} 2.2x_1 - 3.1x_2 + 4.2x_3 - 5.1x_4 = 6.01, \\ 1.3x_1 + 2.2x_2 - 1.4x_3 + 1.5x_4 = 10, \\ 6.2x_1 - 7.4x_2 + 8.5x_3 - 9.6x_4 = 1.1, \\ 1.2x_1 + 1.3x_2 + 1.4x_3 + 4.5x_4 = 1.6. \end{cases}$$

№ 13.

$$\begin{cases} 35.1x_1 + 1.7x_2 + 37.5x_3 - 2.8x_4 = 7.5, \\ 45.2x_1 + 21.1x_2 - 1.1x_3 - 1.2x_4 = 11.1, \\ -21.1x_1 + 31.7x_2 + 1.2x_3 - 1.5x_4 = 2.1, \\ 31.7x_1 + 18.1x_2 - 31.7x_3 + 2.2x_4 = 0.5. \end{cases}$$

№ 15.

$$\begin{cases} 7.5x_1 + 1.8x_2 - 2.1x_3 - 7.7x_4 = 1.1, \\ -10x_1 + 1.3x_2 - 20x_3 - 1.4x_4 = 1.5, \\ 2.8x_1 - 1.7x_2 + 3.9x_3 + 4.8x_4 = 1.2, \\ 10x_1 + 31.4x_2 - 2.1x_3 - 10x_4 = -1.1. \end{cases}$$

№ 17.

$$\begin{cases} 7.3x_1 - 8.1x_2 + 12.7x_3 - 6.7x_4 = 8.8, \\ 11.5x_1 + 6.2x_2 - 8.3x_3 + 9.2x_4 = 21.5, \\ 8.2x_1 - 5.4x_2 + 4.3x_3 - 2.5x_4 = 6.2, \\ 2.4x_1 + 11.5x_2 - 3.3x_3 + 14.2x_4 = -6.2. \end{cases}$$

№ 19.

$$\begin{cases} 6.4x_1 + 7.2x_2 - 8.3x_3 + 4.2x_4 = 2.23, \\ 5.8x_1 - 8.3x_2 + 14.3x_3 - 6.2x_4 = 17.1, \\ 8.6x_1 + 7.7x_2 - 18.3x_3 + 8.8x_4 = -5.4, \\ 13.2x_1 - 5.2x_2 - 6.5x_3 + 12.2x_4 = 6.5. \end{cases}$$

№ 21.

$$\begin{cases} 7.3x_1 + 12.4x_2 - 3.8x_3 - 14.3x_4 = 5.8, \\ 10.7x_1 - 7.7x_2 + 12.5x_3 + 6.6x_4 = -6.6, \\ 15.6x_1 + 6.6x_2 + 14.4x_3 - 8.7x_4 = 12.4, \\ 7.5x_1 + 12.2x_2 - 8.3x_3 + 3.7x_4 = 9.2. \end{cases}$$

№ 23.

$$\begin{cases} 8.1x_1 + 1.2x_2 - 9.1x_3 + 1.7x_4 = 10, \\ 1.1x_1 - 1.7x_2 + 7.2x_3 - 3.4x_4 = 1.7, \\ 1.7x_1 - 1.8x_2 + 10x_3 + 2.3x_4 = 2.1, \\ 1.3x_1 + 1.7x_2 - 9.9x_3 + 3.5x_4 = 27.1. \end{cases}$$

№ 25.

$$\begin{cases} 1.7x_1 + 9.9x_2 - 20x_3 - 1.7x_4 = 1.7, \\ 20x_1 + 0.5x_2 - 30.1x_3 - 1.1x_4 = 2.1, \\ 10x_1 - 20x_2 + 30.2x_3 + 0.5x_4 = 1.8, \\ 3.3x_1 - 0.7x_2 + 3.3x_3 + 20x_4 = -1.7. \end{cases}$$

№ 27.

$$\begin{cases} 1.1x_1 + 11.3x_2 - 1.7x_3 + 1.8x_4 = 10, \\ 1.3x_1 - 11.7x_2 + 1.8x_3 + 1.4x_4 = 1.3, \\ 1.1x_1 - 10.5x_2 - 1.7x_3 - 1.5x_4 = 1.1, \\ 1.5x_1 - 0.5x_2 + 1.8x_3 - 1.1x_4 = 10. \end{cases}$$

№ 29.

$$\begin{cases} 1.3x_1 - 1.7x_2 + 3.3x_3 + 1.7x_4 = 1.1, \\ 10x_1 + 5.5x_2 - 1.3x_3 + 3.4x_4 = 1.3, \\ 1.1x_1 + 1.8x_2 - 2.2x_3 - 1.1x_4 = 10, \\ 1.3x_1 - 1.2x_2 + 2.1x_3 + 2.2x_4 = 1.8. \end{cases}$$

№ 12.

$$\begin{cases} 35.8x_1 + 2.1x_2 - 34.5x_3 - 11.8x_4 = 0.5, \\ 27.1x_1 - 7.5x_2 + 11.7x_3 - 23.5x_4 = 12.8, \\ 11.7x_1 + 1.8x_2 - 6.5x_3 + 7.1x_4 = 1.7, \\ 6.3x_1 + 10x_2 + 7.1x_3 + 3.4x_4 = 20.8. \end{cases}$$

№ 14.

$$\begin{cases} 1.1x_1 + 11.2x_2 + 11.1x_3 - 13.1x_4 = 1.3, \\ -3.3x_1 + 1.1x_2 + 30.1x_3 - 20.1x_4 = 1.1, \\ 7.5x_1 + 1.3x_2 + 1.1x_3 + 10x_4 = 20, \\ 1.7x_1 + 7.5x_2 - 1.8x_3 + 2.1x_4 = 1.1. \end{cases}$$

№ 16.

$$\begin{cases} 30.1x_1 - 1.4x_2 + 10x_3 - 1.5x_4 = 10, \\ -17.5x_1 + 11.1x_2 + 1.3x_3 - 7.5x_4 = 1.3, \\ 1.7x_1 - 21.1x_2 + 7.1x_3 - 17.1x_4 = 10, \\ 2.1x_1 + 2.1x_2 + 3.5x_3 + 3.3x_4 = 1.7. \end{cases}$$

№ 18.

$$\begin{cases} 4.8x_1 + 12.5x_2 - 6.3x_3 - 9.7x_4 = 3.5, \\ 22x_1 - 31.7x_2 + 12.4x_3 - 8.7x_4 = 4.6, \\ 15x_1 + 21.1x_2 - 4.5x_3 + 14.4x_4 = 15, \\ 8.6x_1 - 14.4x_2 + 6.2x_3 + 2.8x_4 = -1.2. \end{cases}$$

№ 20.

$$\begin{cases} 14.2x_1 + 3.2x_2 - 4.2x_3 + 8.5x_4 = 13.2, \\ 6.3x_1 - 4.3x_2 + 12.7x_3 - 5.8x_4 = -4.4, \\ 8.4x_1 - 22.3x_2 - 5.2x_3 + 4.7x_4 = 6.4, \\ 2.7x_1 + 13.7x_2 + 6.4x_3 - 12.7x_4 = 8.5. \end{cases}$$

№ 22.

$$\begin{cases} 13.2x_1 - 8.3x_2 - 4.4x_3 + 6.2x_4 = 6.8, \\ 8.3x_1 + 4.2x_2 - 5.6x_3 + 7.7x_4 = 12.4, \\ 5.8x_1 - 3.7x_2 + 12.4x_3 - 6.2x_4 = 8.7, \\ 3.5x_1 + 6.6x_2 - 13.8x_3 - 9.3x_4 = -10.8. \end{cases}$$

№ 24.

$$\begin{cases} 3.3x_1 - 2.2x_2 - 10x_3 + 1.7x_4 = 1.1, \\ 1.8x_1 + 21.1x_2 + 1.3x_3 - 2.2x_4 = 2.2, \\ -10x_1 + 1.1x_2 + 20x_3 - 4.5x_4 = 10, \\ 70x_1 - 1.7x_2 - 2.2x_3 + 3.3x_4 = 2.1. \end{cases}$$

№ 26.

$$\begin{cases} 1.7x_1 - 1.3x_2 - 1.1x_3 - 1.2x_4 = 2.2, \\ 10x_1 - 10x_2 - 1.3x_3 + 1.3x_4 = 1.1, \\ 3.5x_1 + 3.3x_2 + 1.2x_3 + 1.3x_4 = 1.2, \\ 1.3x_1 + 1.1x_2 - 1.3x_3 - 1.1x_4 = 10. \end{cases}$$

№ 28.

$$\begin{cases} 1.4x_1 + 2.1x_2 - 3.3x_3 + 1.1x_4 = 10, \\ 10x_1 - 1.7x_2 + 1.1x_3 - 1.5x_4 = 1.7, \\ 2.2x_1 + 34.4x_2 - 1.1x_3 - 1.2x_4 = 20, \\ 1.1x_1 + 1.3x_2 + 1.2x_3 + 1.4x_4 = 1.3. \end{cases}$$

№ 30.

$$\begin{cases} 1.2x_1 + 1.8x_2 - 2.2x_3 - 4.1x_4 = 1.3, \\ 10x_1 - 5.1x_2 + 1.2x_3 + 5.5x_4 = 1.2, \\ 2.2x_1 - 30.1x_2 + 3.1x_3 + 5.8x_4 = 10, \\ 10x_1 + 2.4x_2 - 30.5x_3 - 2.2x_4 = 34.1. \end{cases}$$

## Лабораторная работа № 8

**Тема занятия: Использование ППП для решения системы линейных уравнений методом итераций**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

### I. Теоретическая часть

Приближенные методы решения систем линейных уравнений позволяют получать значения корней системы с заданной точностью в виде предела

последовательности некоторых векторов. Процесс построения такой последовательности называется *итерационным* (повторяющимся).

Эффективность применения приближенных методов зависит от удачного выбора начального вектора и быстроты сходимости процесса.

**Метод последовательных приближений (метод итерации).** Пусть дана система линейных уравнений

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n. \end{cases} \quad (1)$$

Запишем систему (1) в матричном виде:

$$AX = B, \quad (2)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix}.$$

Предполагая, что диагональные элементы  $a_{ii} \neq 0$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), выразим  $x_1$  через первое уравнение системы,  $x_2$  — через второе уравнение и т. д. В результате получим систему, эквивалентную системе (1):

$$\begin{cases} x_1 = \frac{b_1}{a_{11}} - \frac{a_{12}}{a_{11}}x_2 - \frac{a_{13}}{a_{11}}x_3 - \dots - \frac{a_{1n}}{a_{11}}x_n, \\ x_2 = \frac{b_2}{a_{22}} - \frac{a_{21}}{a_{22}}x_1 - \frac{a_{23}}{a_{22}}x_3 - \dots - \frac{a_{2n}}{a_{22}}x_n, \\ \dots \\ x_n = \frac{b_n}{a_{nn}} - \frac{a_{n1}}{a_{nn}}x_1 - \frac{a_{n2}}{a_{nn}}x_2 - \dots - \frac{a_{n,n-1}}{a_{nn}}x_{n-1}. \end{cases} \quad (3)$$

Обозначим  $\frac{b_i}{a_{ii}} = \beta_i$ ;  $-\frac{a_{ij}}{a_{ii}} = \alpha_{ij}$ , где ( $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ ). Тогда система (3)

запишется таким образом:

$$\begin{cases} x_1 = \beta_1 + \alpha_{12}x_2 + \alpha_{13}x_3 + \dots + \alpha_{1n}x_n, \\ x_2 = \beta_2 + \alpha_{21}x_1 + \alpha_{23}x_3 + \dots + \alpha_{2n}x_n, \\ \dots \\ x_n = \beta_n + \alpha_{n1}x_1 + \alpha_{n2}x_2 + \dots + \alpha_{n,n-1}x_{n-1}. \end{cases} \quad (3')$$

Система (3') называется системой, приведенной к *нормальному виду*. Введя обозначения

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix},$$

запишем систему (3') в матричной форме:

$$X = \beta + \alpha X.$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Решим систему (4) методом последовательных приближений. За нулевое приближение примем столбец свободных членов:

$$\begin{bmatrix} x_1^{(0)} \\ x_2^{(0)} \\ \dots \\ x_n^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix}, \quad \text{-нулевое приближение,}$$

далее, построим матрицы-столбцы

$$\begin{bmatrix} x_1^{(1)} \\ x_2^{(1)} \\ \vdots \\ x_n^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1^{(0)} \\ x_2^{(0)} \\ \vdots \\ x_n^{(0)} \end{bmatrix} \quad \text{первое приближение;}$$

$$\begin{bmatrix} x_1^{(2)} \\ x_2^{(2)} \\ \vdots \\ x_n^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1^{(1)} \\ x_2^{(1)} \\ \vdots \\ x_n^{(1)} \end{bmatrix} \quad \text{—второе приближение}$$

Вообще, любое  $(k+1)$ -е приближение вычисляют по формуле

$$X^{(k+1)} = \beta + \alpha X^{(k)} \quad (k = 0, 1, \dots, n). \quad (5)$$

Если последовательность приближений  $X^{(0)}, X^{(1)}, \dots, X^{(k)}$  имеет предел  $X = \lim_{k \rightarrow \infty} X^{(k)}$ , то этот предел является решением системы (3), поскольку по свойству

предела  $\lim_{k \rightarrow \infty} X^{(k+1)} = \beta + \alpha \lim_{k \rightarrow \infty} X^{(k)}$ , т. е.  $X = \beta + \alpha X$ .

### Условия сходимости итерационного процесса

Итерационный процесс и его сходимость зависят от величины элементов матрицы  $a$  следующим образом: *если сумма модулей элементов строк или сумма модулей элементов столбцов меньше единицы, то процесс итерации для данной системы сходится к единственному решению независимо от выбора начального вектора.*

Следовательно, условие сходимости можно записать так;

$$\sum_{j=1}^n |\alpha_{ij}| < 1 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^n |\alpha_{ij}| < 1 \quad (j=1, 2, \dots, n).$$

## 2 Практическая часть

**Задание 1.** Методом последовательных приближений решить систему

$$\begin{cases} 6x_1 + x_2 + x_3 = 26, \\ x_1 + 5x_2 - x_3 = 7, \\ x_1 - x_2 + 5x_3 = 7. \end{cases}$$

Решение. 1) Приведем данную систему к нормальному виду

$$\begin{cases} x_1 = 3,25 - 0,125x_2 - 0,125x_3, \\ x_2 = 1,4 - 0,2x_1 + 0,2x_3, \\ x_3 = 1,4 - 0,2x_1 + 0,2x_2 \end{cases} \quad \alpha = \begin{bmatrix} 0 & -0,125 & -0,125 \\ -0,2 & 0 & 0,2 \\ -0,2 & 0,2 & 0 \end{bmatrix}; \quad \beta = \begin{bmatrix} 3,25 \\ 1,4 \\ 1,4 \end{bmatrix}.$$

$$|\alpha_{11}| + |\alpha_{12}| + |\alpha_{13}| = 0 + 0,125 + 0,125 < 1;$$

$$|\alpha_{21}| + |\alpha_{22}| + |\alpha_{23}| = 0,125 + 0 + 0,2 = 0,325 < 1;$$

$$|\alpha_{31}| + |\alpha_{32}| + |\alpha_{33}| = 0,125 + 0,2 + 0 = 0,325 < 1.$$

Аналогично можно было бы проверить выполнение условия сходимости, взяв суммы модулей элементов строк.

2) Строим последовательные приближения. Нулевое приближение:

$$X^{(0)} = \begin{bmatrix} x_1^{(0)} \\ x_2^{(0)} \\ x_3^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,25 \\ 1,4 \\ 1,4 \end{bmatrix}.$$

Последующие приближения найдем с применением функций табличного процессора.

$$\begin{bmatrix} x_1^{(1)} \\ x_2^{(1)} \\ x_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,25 \\ 1,4 \\ 1,4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -0,125 & -0,125 \\ -0,2 & 0 & 0,2 \\ -0,2 & 0,2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 3,25 \\ 1,4 \\ 1,4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,9 \\ 1,03 \\ 1,03 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1^{(2)} \\ x_2^{(2)} \\ x_3^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,25 \\ 1,4 \\ 1,4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -0,125 & -0,125 \\ -0,2 & 0 & 0,2 \\ -0,2 & 0,2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2,9 \\ 1,03 \\ 1,03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,992 \\ 1,026 \\ 1,026 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1^{(3)} \\ x_2^{(3)} \\ x_3^{(3)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,25 \\ 1,4 \\ 1,4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -0,125 & -0,125 \\ -0,2 & 0 & 0,2 \\ -0,2 & 0,2 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2,992 \\ 1,026 \\ 1,026 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,9935 \\ 1,0068 \\ 1,0068 \end{bmatrix}$$

Таким образом,  $x_1 = 2,9935$ ;  $x_2 = 1,0068$ ;  $x_3 = 1,0068$  и с точностью до  $10^{-1}$  получаем  $x_1 = 3$ ;  $x_2 = 1$ ;  $x_3 = 1$

**Задание 2.** Методом итерации решить следующую систему с точностью до  $10^{-3}$

$$\begin{cases} 7,6x_1 + 0,5x_2 + 2,4x_3 = 1,9, \\ 2,2x_1 + 9,1x_2 + 4,4x_3 = 9,7, \\ -1,9x_1 + 0,2x_2 + 5,8x_3 = -1,4. \end{cases} \quad (*)$$

Линейную систему можно привести к нормальному виду также следующим образом: записать коэффициенты при  $x_1, x_2, x_3$  в соответствующих уравнениях системы (\*) в виде  $kx$ , где  $k$  — число, близкое к коэффициенту при соответствующем неизвестном и на которое легко разделить коэффициенты при неизвестных и свободные члены.

Например:

$$\begin{aligned} 10x_1 &= 1,9 + 0,5x_2 + 2,4x_3 \quad (\text{в первом уравнении}), \\ 10x_2 &= 9,7 - 2,2x_1 + 0,9x_3 \quad (\text{во втором уравнении}), \\ 10x_3 &= -1,4 + 1,9x_1 - 0,2x_2 + 4,2x_3 \quad (\text{в третьем уравнении}). \end{aligned}$$

Перепишем систему (\*) таким образом

$$\begin{cases} 10x_1 = 1,9 + 0,5x_2 + 2,4x_3, \\ 10x_2 = 9,7 - 2,2x_1 + 0,9x_3, \\ 10x_3 = -1,4 + 1,9x_1 - 0,2x_2 + 4,2x_3 \end{cases} \quad \begin{cases} x_1 = 0,19 + 0,24x_2 - 0,24x_3, \\ x_2 = 0,97 - 0,22x_1 + 0,09x_3, \\ x_3 = -0,14 + 0,19x_1 - 0,02x_2 + 0,42x_3 \end{cases}$$

Матрица  $\alpha$  и вектор  $\beta$  принимают вид

$$\alpha = \begin{bmatrix} 0,24 & -0,05 & -0,24 \\ -0,22 & 0,09 & -0,44 \\ 0,13 & -0,02 & 0,42 \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,97 \\ -0,14 \end{bmatrix}$$

2) Последовательно найдем с применением функций табличного процессора

$$\begin{bmatrix} x_1^{(0)} \\ x_2^{(0)} \\ x_3^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,97 \\ -0,14 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1^{(1)} \\ x_2^{(1)} \\ x_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,97 \\ -0,14 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,24 & -0,05 & -0,24 \\ -0,22 & 0,09 & -0,44 \\ 0,13 & -0,02 & 0,42 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,97 \\ -0,14 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2207 \\ 1,0771 \\ -0,1935 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_1^{(2)} \\ x_2^{(2)} \\ x_3^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,19 \\ 0,97 \\ -0,14 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,24 & -0,05 & -0,24 \\ -0,22 & 0,09 & -0,44 \\ 0,13 & -0,02 & 0,42 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,2207 \\ 1,0771 \\ -0,1935 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2359 \\ 1,1034 \\ -0,2141 \end{bmatrix}$$

Таким образом, с точностью до  $10^{-3}$  получаем  $x_1 = 0,236$ ;  $x_2 = 1,103$ ;  $x_3 = 0,214$ .

### Задание для самостоятельной работы:

1 Решите систему уравнений методом итераций.

- № 1. 
$$\begin{cases} 4,4x_1 - 2,5x_2 + 19,2x_3 - 10,8x_4 = 4,3, \\ 5,5x_1 - 9,3x_2 - 14,2x_3 + 13,2x_4 = 6,8, \\ 7,1x_1 - 11,5x_2 + 5,3x_3 - 6,7x_4 = -1,8, \\ 14,2x_1 + 23,4x_2 - 8,8x_3 + 5,3x_4 = 7,2. \end{cases}$$
- № 2. 
$$\begin{cases} 8,2x_1 - 3,2x_2 + 14,2x_3 + 14,8x_4 = -8,4, \\ 5,6x_1 - 12x_2 + 15x_3 - 6,4x_4 = 4,5, \\ 5,7x_1 + 3,6x_2 - 12,4x_3 - 2,3x_4 = 3,3, \\ 6,8x_1 + 13,2x_2 - 6,3x_3 - 8,7x_4 = 14,3. \end{cases}$$
- № 3. 
$$\begin{cases} 5,7x_1 - 7,8x_2 - 5,6x_3 - 8,3x_4 = 2,7, \\ 6,6x_1 + 13,1x_2 - 6,3x_3 + 4,3x_4 = -5,5, \\ 14,7x_1 - 2,8x_2 + 5,6x_3 - 12,1x_4 = 8,6, \\ 8,5x_1 + 12,7x_2 - 23,7x_3 + 5,7x_4 = 14,7. \end{cases}$$
- № 4. 
$$\begin{cases} 3,8x_1 + 14,2x_2 + 6,3x_3 - 15,5x_4 = 2,8, \\ 8,3x_1 - 6,6x_2 + 5,8x_3 + 12,2x_4 = -4,7, \\ 6,4x_1 - 8,5x_2 - 4,3x_3 + 8,8x_4 = 7,7, \\ 17,1x_1 - 8,3x_2 + 14,4x_3 - 7,2x_4 = 13,5. \end{cases}$$
- № 5. 
$$\begin{cases} 15,7x_1 + 6,6x_2 - 5,7x_3 + 11,5x_4 = -2,4, \\ 8,8x_1 - 6,7x_2 + 5,5x_3 - 4,5x_4 = 5,6, \\ 6,3x_1 - 5,7x_2 - 23,4x_3 + 6,6x_4 = 7,7, \\ 14,3x_1 + 8,7x_2 - 15,7x_3 - 5,8x_4 = 23,4. \end{cases}$$
- № 6. 
$$\begin{cases} 4,3x_1 - 12,1x_2 + 23,2x_3 - 14,1x_4 = 15,5, \\ 2,4x_1 - 4,4x_2 + 3,5x_3 + 5,5x_4 = 7,5, \\ 5,4x_1 + 8,3x_2 - 7,4x_3 - 12,7x_4 = 8,6, \\ 6,3x_1 - 7,6x_2 + 1,34x_3 + 3,7x_4 = 12,1. \end{cases}$$
- № 7. 
$$\begin{cases} 14,4x_1 - 5,3x_2 + 14,3x_3 - 12,7x_4 = -14,4, \\ 23,4x_1 - 14,2x_2 - 5,4x_3 + 2,1x_4 = 6,6, \\ 6,3x_1 - 13,2x_2 - 6,5x_3 + 14,3x_4 = 9,4, \\ 5,6x_1 + 8,8x_2 - 6,7x_3 - 23,8x_4 = 7,3. \end{cases}$$
- № 8. 
$$\begin{cases} 1,7x_1 + 10x_2 - 1,3x_3 + 2,1x_4 = 3,1, \\ 3,1x_1 + 1,7x_2 - 2,1x_3 + 5,4x_4 = 2,1, \\ 3,3x_1 - 7,7x_2 + 4,4x_3 - 5,1x_4 = 1,9, \\ 10x_1 - 20,1x_2 + 20,4x_3 + 1,7x_4 = 1,8. \end{cases}$$
- № 9. 
$$\begin{cases} 1,7x_1 - 1,8x_2 + 1,9x_3 - 5,7x_4 = 10, \\ 1,1x_1 - 4,3x_2 + 1,5x_3 - 1,7x_4 = 19, \\ 1,2x_1 + 1,4x_2 + 1,6x_3 + 1,8x_4 = 20, \\ 7,1x_1 - 1,3x_2 - 4,1x_3 + 5,2x_4 = 10. \end{cases}$$
- № 10. 
$$\begin{cases} 6,1x_1 + 6,2x_2 - 6,3x_3 + 6,4x_4 = 6,5, \\ 1,1x_1 - 1,5x_2 + 2,2x_3 - 3,8x_4 = 4,2, \\ 5,1x_1 - 5,0x_2 + 4,9x_3 - 4,8x_4 = 4,7, \\ 1,8x_1 + 1,9x_2 + 2,0x_3 - 2,1x_4 = 2,2. \end{cases}$$
- № 11. 
$$\begin{cases} 2,2x_1 - 3,1x_2 + 4,2x_3 - 5,1x_4 = 6,01, \\ 1,3x_1 + 2,2x_2 - 1,4x_3 + 1,5x_4 = 10, \\ 6,2x_1 - 7,4x_2 + 8,5x_3 - 9,6x_4 = 1,1, \\ 1,2x_1 + 1,3x_2 + 1,4x_3 + 4,5x_4 = 1,6. \end{cases}$$
- № 12. 
$$\begin{cases} 35,8x_1 + 2,1x_2 - 34,5x_3 - 11,8x_4 = 0,5, \\ 27,1x_1 - 7,5x_2 + 11,7x_3 - 23,5x_4 = 12,8, \\ 11,7x_1 + 1,8x_2 - 6,5x_3 + 7,1x_4 = 1,7, \\ 6,3x_1 + 10x_2 + 7,1x_3 + 3,4x_4 = 20,8. \end{cases}$$
- № 13. 
$$\begin{cases} 35,1x_1 + 1,7x_2 + 37,5x_3 - 2,8x_4 = 7,5, \\ 45,2x_1 + 21,1x_2 - 1,1x_3 - 1,2x_4 = 11,1, \\ -21,1x_1 + 31,7x_2 + 1,2x_3 - 1,5x_4 = 2,1, \\ 31,7x_1 + 18,1x_2 - 31,7x_3 + 2,2x_4 = 0,5. \end{cases}$$
- № 14. 
$$\begin{cases} 1,1x_1 + 11,2x_2 + 11,1x_3 - 13,1x_4 = 1,3, \\ -3,3x_1 + 1,1x_2 + 30,1x_3 - 20,1x_4 = 1,1, \\ 7,5x_1 + 1,3x_2 + 1,1x_3 + 10x_4 = 20, \\ 1,7x_1 + 7,5x_2 - 1,8x_3 + 2,1x_4 = 1,1. \end{cases}$$
- № 15. 
$$\begin{cases} 7,5x_1 + 1,8x_2 - 2,1x_3 - 7,7x_4 = 1,1, \\ -10x_1 + 1,3x_2 - 20x_3 - 1,4x_4 = 1,5, \\ 2,8x_1 - 1,7x_2 + 3,9x_3 + 4,8x_4 = 1,2, \\ 10x_1 + 31,4x_2 - 2,1x_3 - 10x_4 = -1,1. \end{cases}$$
- № 16. 
$$\begin{cases} 30,1x_1 - 1,4x_2 + 10x_3 - 1,5x_4 = 10, \\ -17,5x_1 + 11,1x_2 + 1,3x_3 - 7,5x_4 = 1,3, \\ 1,7x_1 - 21,1x_2 + 7,1x_3 - 17,1x_4 = 10, \\ 2,1x_1 + 2,1x_2 + 3,5x_3 + 3,3x_4 = 1,7. \end{cases}$$
- № 17. 
$$\begin{cases} 7,3x_1 - 8,1x_2 + 12,7x_3 - 6,7x_4 = 8,8, \\ 11,5x_1 + 6,2x_2 - 8,3x_3 + 9,2x_4 = 21,5, \\ 8,2x_1 - 5,4x_2 + 4,3x_3 - 2,5x_4 = 6,2, \\ 2,4x_1 + 11,5x_2 - 3,3x_3 + 14,2x_4 = -6,2. \end{cases}$$
- № 18. 
$$\begin{cases} 4,8x_1 + 12,5x_2 - 6,3x_3 - 9,7x_4 = 3,5, \\ 22x_1 - 31,7x_2 + 12,4x_3 - 8,7x_4 = 4,6, \\ 15x_1 + 21,1x_2 - 4,5x_3 + 14,4x_4 = 15, \\ 8,6x_1 - 14,4x_2 + 6,2x_3 + 2,8x_4 = -1,2. \end{cases}$$
- № 19. 
$$\begin{cases} 6,4x_1 + 7,2x_2 - 8,3x_3 + 42x_4 = 2,23, \\ 5,8x_1 - 8,3x_2 + 14,3x_3 - 6,2x_4 = 17,1, \\ 8,6x_1 + 7,7x_2 - 18,3x_3 + 8,8x_4 = -5,4, \\ 13,2x_1 - 5,2x_2 - 6,5x_3 + 12,2x_4 = 6,5. \end{cases}$$
- № 20. 
$$\begin{cases} 14,2x_1 + 3,2x_2 - 4,2x_3 + 8,5x_4 = 13,2, \\ 6,3x_1 - 4,3x_2 + 12,7x_3 - 5,8x_4 = -4,4, \\ 8,4x_1 - 22,3x_2 - 5,2x_3 + 4,7x_4 = 6,4, \\ 2,7x_1 + 13,7x_2 + 6,4x_3 - 12,7x_4 = 8,5. \end{cases}$$

## Лабораторная работа № 9

**Тема занятия: Использование ППП для интерполяции функции с помощью многочлена Лагранжа. Применение многочлена Лагранжа**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<i>Код</i>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

### Интерполяция

В вычислительной математике нередки случаи, когда одну функцию приходится заменять другой, более простой и удобной для дальнейшей работы. Такую задачу называют аппроксимацией функций.

Поводом для аппроксимации функции может послужить, в частности, табличный способ ее задания. Предположим, что в результате некоторого эксперимента для конечного набора значений  $x_i$  величины  $x$  из отрезка  $[a; b]$

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_i < \dots < x_n = b$$

получен набор значений  $y_i$  величины  $y$ . Если допустить, что между  $x$  и  $y$  существует функциональная зависимость  $y = F(x)$ , можно поставить вопрос о поиске аналитического представления функции  $F$  (очевидно, что в такой общей постановке эта задача решается неоднозначно). Точки  $x_0, x_1, \dots, x_n$  в этом случае называются узлами. Если расстояние  $h = x_{i+1} - x_i$ , является постоянным (т.е. независимым от  $i$ ), то сетка значений, представленная в таблице 1, называется равномерной.

Таблица 1

$x$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	...	$x_i$	...	$x_n$
$F(x)$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	...	$y_i$	...	$y_n$

Повод для аппроксимации может возникнуть даже тогда, когда аналитическое выражение для некоторой функции  $y = F(x)$  имеется, однако оно оказывается мало пригодным для решения поставленной задачи, потому что операция, которую требуется осуществить над этой функцией, трудновыполнима. Элементарный пример — вычисление значения трансцендентной функции «вручную». Действительно, чтобы вычислить, например,  $\ln 3,2756$ , проще всего воспользоваться степенным разложением функции, т. е. заменить трансцендентную функцию степенной. При этом получится, разумеется, приближенное значение функции, но если мы умеем контролировать погрешность, то можно считать, что мы получили интересующий нас результат (хотя бы потому, что в реальности все равно приходится ограничиваться приближенным представлением значений логарифмической функции).

Другая ситуация, когда может потребоваться аппроксимация аналитически заданной функции, — вычисление определенных интегралов. Задача эта, как правило, весьма сложная, часто элементарными приемами невыполнимая.

Например, Как вычислить интеграл  $\int_1^2 \frac{\sin x}{x} dx$ ? Он, несомненно, существует, но по формуле Ньютона—Лейбница вычислен быть практически не может, так как первообразная  $\int \frac{\sin x}{x} dx$  не выражается в элементарных функциях. Аппроксимация подынтегральной функции — один из возможных приемов (и важно отметить, что цель аппроксимации налагает отпечаток на ее способ).



Классический подход к численному решению подобных задач заключается в том, чтобы, опираясь на информацию о функции  $F$ , по некоторому алгоритму подобрать аппроксимирующую функцию  $G$ , в определенном смысле «близкую» к  $F$ .

Чаще всего задача аппроксимации решается с помощью многочленов. Вычисления значений многочлена легко автоматизировать, производная и интеграл от многочлена, в свою очередь, также являются многочленами.

### Интерполяционный многочлен Лагранжа

Пусть функция  $F(x)$  задана таблицей 1. Построим многочлен  $L_n(x)$ , степень которого не выше, чем  $n$ , и для которого выполнены условия интерполяции

$$L_n(x_0) = y_0, L_n(x_1) = y_1, \dots, L_n(x_n) = y_n \quad (1)$$

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i \frac{(x-x_0) \dots (x-x_{i-1})(x-x_{i+1}) \dots (x-x_n)}{(x_i-x_0) \dots (x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1}) \dots (x_i-x_n)} \quad (2)$$

Это и есть *интерполяционный многочлен Лагранжа*. По таблице исходной функции  $F$  формула (2) позволяет довольно просто составить «внешний вид» многочлена.

**Пример.** Построить интерполяционный многочлен Лагранжа для функции, заданной таблицей значений:

$x$	1	3	4	...
$f(x)$	12	4	6	...

Из таблицы следует, что  $n = 2$  (т. е. степень многочлена будет не выше 2); здесь  $x_0 = 1$ ,  $x_1 = 3$ ,  $x_2 = 4$ . Используя формулу (5), получаем

$$\begin{aligned} L_2(x) &= 12 \frac{(x-3)(x-4)}{(1-3)(1-4)} + 4 \frac{(x-1)(x-4)}{(3-1)(3-4)} + 6 \frac{(x-1)(x-3)}{(4-1)(4-3)} \\ &= 2(x^2 - 7x + 12) - 2(x^2 - 5x + 4) + 2(x^2 - 4x + 3) = \\ &= 2x^2 - 12x + 22 \end{aligned}$$

Непосредственное применение формулы Лагранжа приводит к большому числу однотипных вычислений. Организация вычислений существенно улучшается, если пользоваться специальной вычислительной схемой.

В таблице 2. показано построение такой схемы для 4 узлов ( $i=0,1,2,3$ ). Таблица составляется заново для каждого нового значения аргумента  $x$ .

Заполнение таблицы начинается с того, что вычисляются и заносятся в соответствующие клетки все элементарные разности. Вслед за этим вычисляются произведения  $P_i$  разностей по строкам:

$$P_0 = (x - x_1)(x_2 - x_1)(x_0 - x_2)(x_0 - x_3);$$

$$P_1 = (x_1 - x_0)(x - x_2)(x_1 - x_3)(x_1 - x_3) \text{ и т. д.}$$

Таблица 2

X	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	P <sub>i</sub>	y <sub>i</sub>	y <sub>i</sub> /P <sub>i</sub>
X <sub>0</sub>	X - X <sub>0</sub>	X <sub>0</sub> - X <sub>1</sub>	X <sub>0</sub> - X <sub>2</sub>	X <sub>0</sub> - X <sub>3</sub>			
X <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> - X <sub>0</sub>	X - X <sub>1</sub>	X <sub>1</sub> - X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> - X <sub>3</sub>			
X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> - X <sub>0</sub>	X <sub>2</sub> - X <sub>1</sub>	X - X <sub>2</sub>	X <sub>2</sub> - X <sub>3</sub>			
X <sub>3</sub>	X <sub>3</sub> - X <sub>0</sub>	X <sub>3</sub> - X <sub>1</sub>	X <sub>3</sub> - X <sub>2</sub>	X - X <sub>3</sub>			
							S = ∑ (y <sub>i</sub> /P <sub>i</sub> )

Легко видеть, что использованное в таблице 2 обозначение  $P$ , — это знаменатель в формуле Лагранжа (2),

Все необходимые значения последовательно получаются в таблице. Сумма  $S$  образуется сложением элементов последнего столбца. Для получения окончательного значениями  $L_n(x)$  достаточно умножить  $S$  на произведение диагональных разностей таблицы).

## 2 Практическая часть

**Задание 1.** Имеется таблица значений некоторой функции:

x	f(x)	x	f(x)
0,41	2,63	2,67	4,87
1,55	3,75	3,84	5,42

Требуется получить значение этой функции в точке  $x = 1,91$ , пользуясь интерполяционным многочленом Лагранжа.

Вычисления составим таблицу 3 с применением табличного процессора. Для нахождения окончательного результата сумма значений последнего столбца умножается на произведение диагональных разностей:

$$f(1,91) = 0,792 \cdot 5,241 = 4,15.$$

Таблица 3

x	x <sub>0</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	P <sub>i</sub>	y <sub>i</sub>	y <sub>i</sub> /P <sub>i</sub>
1,91	1,80	1,13	-2,26	3,43	13,26	2,43	0,198
	1,14	0,36	-1,17	-2,29	1,05	3,75	3,561
	2,26	1,12	-0,76	-1,17	2,35	4,87	2,069
	1,41	2,29	1,17	1,95	17,21	5,42	0,314
							1,242

**Задание для самостоятельной работы:**

1 Найти приближенное значение функции при данном значении аргумента с помощью интерполяционного многочлена Лагранжа.

Таблица 1

х	у	№ варианта	х
1.375	5.04192	1	1.3832
1.380	5.17744	7	1.3926
1.385	5.32016	13	1.3862
1.390	5.47069	19	1.3934
1.395	5.62968	25	1.3866
1.400	5.79788		

Таблица 2

х	у	№ варианта	х
0.115	8.65729	2	0.1264
0.120	8.29329	8	0.1315
0.125	7.95829	14	0.1232
0.130	7.64893	20	0.1334
0.135	7.36235	26	0.1285
0.140	7.09613		

Таблица 3

х	у	№ варианта	х
0.150	6.61659	3	0.1521
0.155	6.39989	9	0.1611
0.160	6.19658	15	0.1662
0.165	6.00551	21	0.1542
0.170	5.82558	27	0.1625
0.175	5.65583		

Таблица 4

х	у	№ варианта	х
0.180	5.61543	4	0.1838
0.185	5.46693	10	0.1875
0.190	5.32634	16	0.1944
0.195	5.19304	22	0.1976
0.200	5.06649	28	0.2038
0.205	4.94619		

Таблица 5

х	у	№ варианта	х
0.210	4.83170	5	0.2121
0.215	4.72261	11	0.2165
0.220	4.61855	17	0.2232
0.225	4.51919	23	0.2263
0.230	4.42422	29	0.2244
0.235	4.33337		

Таблица 6

х	у	№ варианта	х
1.415	0.888551	6	1.4179
1.420	0.889599	12	1.4258
1.425	0.890637	18	1.4396
1.430	0.891667	24	1.4236
1.435	0.892687	30	1.4315
1.440	0.893698		

## Лабораторная работа № 10

**Тема занятия: Использование ППП для интерполяции функции с помощью формул Ньютона. Применение формулы Ньютона**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<i>Код</i>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

### Конечные разности

Пусть функция задана таблицей вида табл. 1 с постоянным шагом.

Таблица 1

$X$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	...	$x_i$	...	$x_n$
$F(x)$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	...	$y_i$	...	$y_n$

Разности между значениями функции в соседних узлах интерполяции называются *конечными разностями первого порядка*:

$$\Delta y_i = y_{i+1} - y_i \quad (i = 0, 1, \dots, n-1).$$

Из конечных разностей первого порядка образуются *конечные разности второго порядка*,

$$\Delta^2 y_i = \Delta y_{i+1} - \Delta y_i \quad (i = 0, 1, \dots, n-2)$$

Продолжая этот процесс, можно по заданной таблице функции составить таблицу конечных разностей (табл. 2).

Таблица 2

$x_0$	$y_0$	$\Delta y_0$	$\Delta^2 y_0$	$\Delta^3 y_0$	$\Delta^4 y_0$	$\Delta^5 y_0$
$x_1$	$y_1$	$\Delta y_1$	$\Delta^2 y_1$	$\Delta^3 y_1$	$\Delta^4 y_1$	$\Delta^5 y_1$
$x_2$	$y_2$	$\Delta y_2$	$\Delta^2 y_2$	$\Delta^3 y_2$	$\Delta^4 y_2$	$\Delta^5 y_2$
...	...	...	...	...	...	...
$x_{n-1}$	$y_{n-1}$	$\Delta y_{n-1}$	$\Delta^2 y_{n-1}$	$\Delta^3 y_{n-1}$	$\Delta^4 y_{n-1}$	$\Delta^5 y_{n-1}$
$x_n$	$y_n$					

### Первая интерполяционная формула Ньютона

Пусть для функции, заданной таблицей с постоянным шагом, составлена таблица конечных разностей (табл. 2). Будем искать интерполяционный многочлен в виде

$$P_n(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)(x - x_1) - \dots + a_n(x - x_0) \cdot \dots \cdot (x - x_{n-1}). \quad (1)$$

Это - многочлен  $n$ -ой степени. Значения коэффициентов  $a_0, a_1, \dots, a_n$  найдем из условия совпадения значений исходной функции и многочлена в узлах.

Полагая  $x=x_0$ , из (1) находим  $y_0 = P_n(x_0) = a_0$ , откуда  $a_0=y_0$ .

Далее, полагая  $x=x_1$ , получаем

$$y_1 = P_n(x_1) = a_0 + a_1(x_1 - x_0), \text{ откуда } a_1 = \Delta y_0 / h.$$

При  $x=x_2$  имеем

$$y_2 = P_n(x_2) = a_0 + a_1(x_2 - x_0) + a_2(x_2 - x_0)(x_2 - x_1),$$

$$\text{т.е. } y_2 - 2\Delta y_1 - y_0 = 2h^2 a_2, \text{ или } y_2 - 2y_1 + y_0 = 2h^2 a_2, \text{ откуда}$$

$$a_2 = \Delta^2 y_0 / 2h^2.$$

Проведя аналогичные выкладки, можно получить  $a_3 = \Delta^3 y_0 / 3!h^3$ . Исходя из этих формул, методом полной математической индукции можно доказать, что в общем случае выражение для  $a_k$  будет иметь вид

$$a_k = \frac{\Delta^k y_0}{k!h^k}. \quad (2)$$

Подставим теперь (2) в выражение для многочлена (1)

$$\begin{aligned} P_n(x) = & y_0 + \frac{\Delta y_0}{h}(x - x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2!h^2}(x - x_0)(x - x_1) + \dots \\ & + \frac{\Delta^n y_0}{n!h^n}(x - x_0) \cdot \dots \cdot (x - x_{n-1}). \end{aligned} \quad (3)$$

Формула (3) называется первой интерполяционной формулой Ньютона.

Эта формула традиционно применяется для интерполирования в начале отрезка интерполяции. Первую интерполяционную формулу Ньютона называют по этой причине *формулой для интерполирования вперед*.

### Вторая интерполяционная формула Ньютона

Когда значение аргумента находится ближе к концу отрезка интерполяции, применять первую интерполяционную формулу становится невыгодно.

В этом случае применяется *формула для интерполирования назад* - вторая интерполяционная формула Ньютона, которая ищется в виде

$$P_n(x) = a_0 + a_1(x - x_n) + a_2(x - x_n)(x - x_{n-1}) + \dots + a_n(x - x_n) \cdot \dots \cdot (x - x_1) \quad (4)$$

Как и для первой формулы Ньютона, коэффициенты  $a_0, a_1, \dots, a_n$  находятся из условия совпадения значений функции и интерполяционного многочлена в узлах

$$a_k = \frac{\Delta^k y_{n-k}}{k!h^k}. \quad (5)$$

Вторая интерполяционная формула Ньютона имеет следующий вид:

$$P_n(x) = y_n +$$

(6)

**Пример.** Построить интерполяционный многочлен Ньютона по следующим данным:

$x$	0,5	1	1,5	2	2,5
$y$	1,715	2,348	3,127	5,289	8,914

Построим таблицу разностей:

$x$	$y$	$\Delta y$	$\Delta^2 y$	$\Delta^3 y$	$\Delta^4 y$
0,5	1,715				
		0,633			
1	2,348		0,146		
		0,779		1,237	
1,5	3,127		1,383		-1,157
		2,162		0,980	
2	5,289		1,461		
		3,621			
2,5	8,914				

Таким образом, многочлен Ньютона, представленный в форме (3), имеет вид

$$\begin{aligned}
 P_4(x) &= 1,715 + \frac{0,633}{0,5}(x-0,5) + \frac{0,146}{2! \cdot 0,5^2}(x-0,5)(x-1) + \\
 &+ \frac{1,237}{3! \cdot 0,5^3}(x-0,5)(x-1)(x-1,5) - \frac{1,157}{4! \cdot 0,5^4}(x-0,5)(x-1)(x-1,5)(x-2) = \\
 &= 1,715 + 1,266(x-0,5) + 0,292(x-0,5)(x-1) + \\
 &+ 1,649(x-0,5)(x-1)(x-1,5) - 0,771(x-0,5)(x-1)(x-1,5)(x-2).
 \end{aligned}$$

## 2 Практическая часть

**Задание 1.** Для таблично заданной функции

$x$	$f(x)$	$x$	$f(x)$
1,62	8,14	1,65	7,21
1,63	8,02	1,66	6,54
1,64	7,93	1,67	5,01

Вычислите конечные разности до третьего порядка включительно, составьте интерполяционные формулы Ньютона ( $x_0=1,62$ ,  $x_n=1,67$ ). Вычислите для контроля значения интерполяционных многочленов соответственно в точках 1,63 и 1,66; сопоставьте полученные результаты.

**Задание для самостоятельной работы:**

1 Найти приближенное значение функции при данном значении аргумента с помощью интерполяционных формул Ньютона.

Таблица 1

x	y	№ варианта	x
1,375	5,04192	1	1,3832
1,380	5,17744	7	1,3926
1,385	5,32016	13	1,3862
1,390	5,47069	19	1,3934
1,395	5,62968	25	1,3866
1,400	5,79788		

Таблица 2

x	y	№ варианта	x
0,115	8,65729	2	0,1264
0,120	8,29329	8	0,1315
0,125	7,95829	14	0,1232
0,130	7,64893	20	0,1334
0,135	7,36235	26	0,1285
0,140	7,09613		

Таблица 3

x	y	№ варианта	x
0,150	6,61659	3	0,1521
0,155	6,39989	9	0,1611
0,160	6,19658	15	0,1662
0,165	6,00551	21	0,1542
0,170	5,82558	27	0,1625
0,175	5,65583		

Таблица 4

x	y	№ варианта	x
0,180	5,61543	4	0,1838
0,185	5,46693	10	0,1875
0,190	5,32634	16	0,1944
0,195	5,19304	22	0,1976
0,200	5,06649	28	0,2038
0,205	4,94619		

Таблица 5

x	y	№ варианта	x
0,210	4,83170	5	0,2121
0,215	4,72261	11	0,2165
0,220	4,61855	17	0,2232
0,225	4,51919	23	0,2263
0,230	4,42422	29	0,2244
0,235	4,33337		

Таблица 6

x	y	№ варианта	x
1,415	0,888551	6	1,4179
1,420	0,889599	12	1,4258
1,425	0,890637	18	1,4396
1,430	0,891667	24	1,4236
1,435	0,892687	30	1,4315
1,440	0,893698		



## Лабораторная работа № 11

**Тема занятия: Использование ППП для численного интегрирования методом прямоугольника. Применение метода прямоугольника**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<i>Код</i>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

### ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ

При вычислении определенного интеграла:

$$I = \int_a^b f(x) dx,$$

Где  $f(x)$  — непрерывная на отрезке  $[a; b]$  функция, иногда удается практически воспользоваться формулой Ньютона—Лейбница:

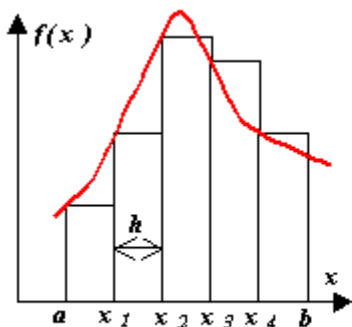
$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a). \quad (1)$$

Здесь  $F(x)$  одна из первообразных функций (т.е. такая функция, что  $F'(x) = f(x)$ ). Однако даже в тех практически редких случаях, когда первообразную удастся явно найти в аналитической форме, не всегда удастся довести до числового ответа значение определенного интеграла. Если к тому же учесть, что иногда подынтегральная функция вовсе задается таблицей или графиком, то становится понятным, почему формула (1) не исчерпывает практических приемов вычисления интегралов.

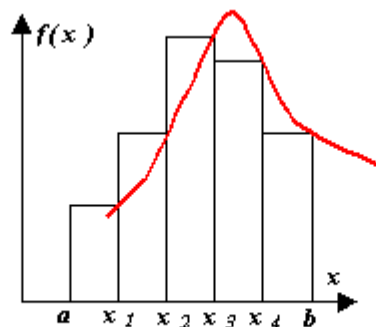
На практике часто применяют различные методы приближенного (численного) интегрирования. Формулы, используемые для приближенного вычисления интегралов, называют квадратурными формулами.

#### Метод прямоугольников

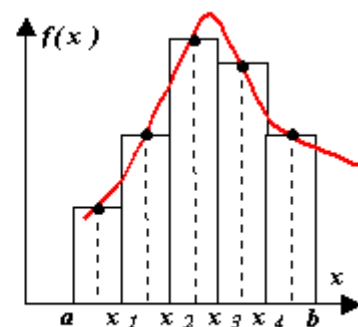
Различают метод левых, правых и средних прямоугольников. Суть метода ясна из рисунка. На каждом шаге интегрирования функция аппроксимируется полиномом нулевой степени – отрезком, параллельным оси абсцисс.



Левые прямоугольники



Правые прямоугольники



Средние прямоугольники

Формулы метода прямоугольников.

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \cdot \sum_{i=0}^{n-1} f(x_i)$$

- это формула метода левых прямоугольников.

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \cdot \sum_{i=1}^n f(x_i)$$

- это формула метода правых прямоугольников

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \cdot \sum_{i=1}^n f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right)$$

- это формула метода средних прямоугольников

$$h = \frac{b-a}{n} \quad n \text{ называют шагом разбиения отрезка } [a;b].$$

Методы прямоугольников различаются в выборе точек на левой и правой границах элементарных отрезков или их серединах соответственно.

Абсолютная погрешность методов левых и правых прямоугольников

оценивается как

$$|\delta_n| \leq \max_{x \in [a;b]} |f'(x)| \cdot \frac{h^2 \cdot n}{2} = \max_{x \in [a;b]} |f'(x)| \cdot \frac{(b-a)^2}{2n}$$

## 2 Практическая часть

### Задание 1.

Вычислить определенный интеграл  $\int_4^9 \frac{x^2 \sin x}{10} dx$  методом прямоугольников, разбив отрезок интегрирования на 10 частей.

Решение.

В нашем примере  $a = 4$ ,  $b = 9$ ,  $n = 10$ ,  $f(x) = \frac{x^2 \sin x}{10}$ .

Внимательно посмотрим на формулу

$$\int_a^b f(x) dx \approx h \cdot \sum_{i=1}^n f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right)$$

прямоугольников

Чтобы ее применить, нам нужно вычислить шаг  $h$  и значения

функции  $f(x) = \frac{x^2 \sin x}{10}$  в точках  $\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right)$ ,  $i = 1, 2, \dots, 10$ .

Вычислим шаг:

$$h = \frac{b-a}{n} = \frac{9-4}{10} = 0.5$$

Так как  $x_{i-1} = a + (i-1) \cdot h$ ,  $i = 1, \dots, 10$ , то

$$\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right) = a + (i-1) \cdot h + \frac{h}{2} = a + (i-0.5) \cdot h, \quad i = 1, \dots, 10$$

Для  $i = 1$  имеем  $x_{i-1} + \frac{h}{2} = x_0 + \frac{h}{2} = a + (i-0.5) \cdot h = 4 + (1-0.5) \cdot 0.5 = 4.25$ . Находим соответствующее значение

функции  $f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right) = f\left(x_0 + \frac{h}{2}\right) = f(4.25) = \frac{(4.25)^2 \sin(4.25)}{10} \approx -1.616574$

Для  $i = 2$  имеем  $x_{i-1} + \frac{h}{2} = x_1 + \frac{h}{2} = a + (i-0.5) \cdot h = 4 + (2-0.5) \cdot 0.5 = 4.75$ . Находим соответствующее значение

функции  $f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right) = f\left(x_1 + \frac{h}{2}\right) = f(4.75) = \frac{(4.75)^2 \sin(4.75)}{10} \approx -2.254654$

И так продолжаем вычисления до  $i = 10$ .

Для удобства представим результаты в виде таблицы.

$i$	1	2	3	4	5
$x_{i-1} + \frac{h}{2}$	4.25	4.75	5.25	5.75	6.25
$f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right)$	-1.616574	-2.254654	-2.367438	-1.680497	-0.129606
$i$	6	7	8	9	10
$x_{i-1} + \frac{h}{2}$	6.75	7.25	7.75	8.25	8.75
$f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right)$	2.050513	4.326318	5.973808	6.279474	4.783042

Подставляем полученные значения в формулу прямоугольников:

$$\begin{aligned} \int_4^9 \frac{x^2 \sin x}{10} dx &\approx h \cdot \sum_{i=1}^n f\left(x_{i-1} + \frac{h}{2}\right) = \\ &= 0.5 \cdot \left( -1.616574 - 2.254654 - 2.367438 - 1.680497 - 0.129606 + \right. \\ &\quad \left. + 2.050513 + 4.326318 + 5.973808 + 6.279474 + 4.783042 \right) = \\ &= 7.682193 \end{aligned}$$

Вычислить данный интеграл методом правых и левых прямоугольников.

### Задание для самостоятельной работы:

Вычислить интеграл по формулам левых, правых, средних прямоугольников при  $n=10$ , оценивая точность с помощью сравнения полученных результатов

$$\text{№ 1. 1) } \int_{0.6}^{1.4} \frac{\sqrt{x^2+5} dx}{2x+\sqrt{x^2+0.5}}$$

$$\text{№ 2. 1) } \int_{0.4}^{1.2} \frac{\sqrt{0.5x+2} dx}{\sqrt{2x^2+1+0.8}}$$

$$\text{№ 3. 1) } \int_{0.8}^{1.6} \frac{\sqrt{0.8x^2+1} dx}{x+\sqrt{1.5x^2+2}}$$

$$\text{№ 4. 1) } \int_{1.0}^{2.2} \frac{\sqrt{1.5x+0.6} dx}{1.6+\sqrt{0.8x^2+2}}$$

$$\text{№ 5. 1) } \int_{1.2}^{2.0} \frac{\sqrt{2x^2+1.6} dx}{2x+\sqrt{0.5x^2+3}}$$

$$\text{№ 6. 1) } \int_{1.3}^{2.5} \frac{\sqrt{x^2+0.6} dx}{1.4+\sqrt{0.8x^2+1.3}}$$

$$\text{№ 7. 1) } \int_{1.2}^{2.6} \frac{\sqrt{0.4x+1.7} dx}{1.5x+\sqrt{x^2+1.3}}$$

$$\text{№ 8. 1) } \int_{0.8}^{1.6} \frac{\sqrt{0.3x^2+2.3} dx}{1.8+\sqrt{2x+1.6}}$$

$$\text{№ 9. 1) } \int_{1.2}^{2} \frac{\sqrt{0.6x+1.7} dx}{2.1x+\sqrt{0.7x^2+1}}$$

$$\text{№ 10. 1) } \int_{0.8}^{2.4} \frac{\sqrt{0.4x^2+1.5} dx}{2.5+\sqrt{2x+0.8}}$$

$$\text{№ 11. 1) } \int_{1.2}^{2.8} \frac{\sqrt{1.2x+0.7} dx}{1.4x+\sqrt{1.3x^2+0.5}}$$

$$\text{№ 12. 1) } \int_{0.6}^{2.4} \frac{\sqrt{1.1x^2+0.9} dx}{1.6+\sqrt{0.8x^2+1.4}}$$

$$\text{№ 13. 1) } \int_{0.7}^{2.1} \frac{\sqrt{0.6x+1.5} dx}{2x+\sqrt{x^2+3}}$$

$$\text{№ 14. 1) } \int_{0.8}^{2.4} \frac{\sqrt{1.5x+2.3} dx}{3+\sqrt{0.3x+1}}$$

$$\text{№ 15. 1) } \int_{1.9}^{2.6} \frac{\sqrt{2x+1.7} dx}{2.4+\sqrt{1.2x^2+0.6}}$$

$$\text{№ 16. 1) } \int_{0.5}^{1.4} \frac{\sqrt{0.7x^2+2.3} dx}{3.2+\sqrt{0.8x+1.4}}$$

$$\text{№ 17. 1) } \int_{1}^{2.6} \frac{\sqrt{0.4x+3} dx}{0.7x+\sqrt{2x^2+0.5}}$$

$$\text{№ 18. 1) } \int_{0.7}^{2.1} \frac{\sqrt{1.7x^2+0.5} dx}{1.4+\sqrt{1.2x+1.3}}$$

$$\text{№ 19. 1) } \int_{0.6}^{2.2} \frac{\sqrt{1.5x+1} dx}{1.2x+\sqrt{x^2+1.8}}$$

$$\text{№ 20. 1) } \int_{1.2}^{3} \frac{\sqrt{2x^2+0.7} dx}{1.5+\sqrt{0.8x+1}}$$

$$\text{№ 21. 1) } \int_{1.2}^{2.7} \frac{\sqrt{1.3x^2+0.8} dx}{1.7x+\sqrt{2x+0.5}}$$

$$\text{№ 22. 1) } \int_{0.6}^{1.4} \frac{\sqrt{x^2+0.5} dx}{2x+\sqrt{x^2+2.5}}$$

$$\text{№ 23. 1) } \int_{0.4}^{1.2} \frac{\sqrt{2x^2+1} dx}{0.8x+\sqrt{0.5x+2}}$$

$$\text{№ 24. 1) } \int_{0.8}^{1.8} \frac{\sqrt{1.5x^2+2} dx}{x+\sqrt{0.8x^2+1}}$$

$$\text{№ 25. 1) } \int_{1}^{2.2} \frac{\sqrt{0.8x^2+2} dx}{1.6+\sqrt{1.5x+0.6}}$$

$$\text{№ 26. 1) } \int_{1.2}^{2.0} \frac{\sqrt{0.5x^2+3} dx}{2x+\sqrt{2x^2+1.6}}$$

$$\text{№ 27. 1) } \int_{1.3}^{2.5} \frac{\sqrt{0.8x^2+1.3} dx}{1.4+\sqrt{x^2+0.6}}$$

$$\text{№ 28. 1) } \int_{1.2}^{2.6} \frac{\sqrt{x^2+1.3} dx}{1.5x+\sqrt{0.4x+1.7}}$$

$$\text{№ 29. 1) } \int_{0.8}^{1.6} \frac{\sqrt{2x+1.6} dx}{1.8+\sqrt{0.3x^2+2.3}}$$

$$\text{№ 30. 1) } \int_{1.2}^{2} \frac{\sqrt{0.7x^2+1} dx}{2.1x+\sqrt{0.6x+1.7}}$$

## Лабораторная работа № 12

**Тема занятия: Использование ППП для численного интегрирования методом трапеции. Применение метода трапеций**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

### ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ

При вычислении определенного интеграла:

$$I = \int_a^b f(x) dx,$$

Где  $f(x)$  — непрерывная на отрезке  $[a; b]$  функция, иногда удается практически воспользоваться формулой Ньютона—Лейбница:

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a). \quad (1)$$

Здесь  $F(x)$  одна из первообразных функций (т.е. такая функция, что  $F'(x) = f(x)$ ). Однако даже в тех практически редких случаях, когда первообразную удастся явно найти в аналитической форме, не всегда удастся довести до числового ответа значение определенного интеграла. Если к тому же учесть, что иногда подынтегральная функция вовсе задается таблицей или графиком, то становится понятным, почему формула (1) не исчерпывает практических приемов вычисления интегралов.

На практике часто применяют различные методы приближенного (численного) интегрирования. Формулы, используемые для приближенного вычисления интегралов, называют квадратурными формулами.

Простой прием построения квадратурных формул состоит в том, что подынтегральная функция  $f(x)$  заменяется на отрезке  $[a; b]$  интерполяционным многочленом, например, многочленом Лагранжа  $L_n(x)$ , и принимается приближенное равенство

$$\int_a^b f(x) dx \approx \int_a^b L_n(x) dx. \quad (2)$$

Подобный подход удобен тем, что он приводит к алгоритмам, легко реализуемым на компьютере и позволяющим получить результат с точностью, достаточной для широкого круга практических приложений. При этом предполагается, что отрезок  $[a; b]$  разбит на  $n$  частей точками  $a = x_0, x_1, x_2, \dots, x_n = b$ , наличие которых подразумевается при построении многочлена  $L_n(x)$ . В силу фактической единственности интерполяционного полинома  $n$ -й степени для данной функции и данной системы узлов не имеет значения, использовать ли в этой процедуре многочлен Лагранжа или многочлены Ньютона.

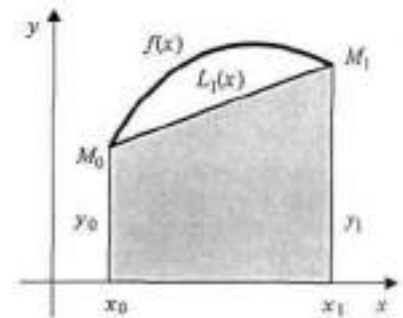


Рис. 1 Иллюстрация к вычислению интеграла по формуле трапеций

Если подынтегральная функция заменяется интерполяционным многочленом Лагранжа первой степени (т.е. линейной функцией), геометрически это означает, что площадь криволинейной фигуры подменяется площадью трапеции (рис. 1), то получается формула

$$\int_a^b f(x)dx = h \left( \frac{y_0}{2} + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} + \frac{y_n}{2} \right) \quad (3).$$

Формула (3) дает один из простейших способов вычисления определенного интеграла и называется формулой трапеций.

Рис 1

Формула для оценки погрешности метода интегрирования по формуле трапеций

$$|R_n| \leq M_2 \frac{|b-a| \cdot h^2}{12} \quad (4)$$

$$\text{где } M_2 = \max_{x \in [a,b]} |f''(x)|$$

**Задание 1.** Вычислить интеграл  $I = \int_0^1 x^2 \sin x dx$  по формуле трапеций, разделив

отрезок  $[0; 1]$  на 10 равных частей, и оценить погрешность вычислений.

Оценим сначала погрешность метода. Для этого находим вторую производную подынтегральной функции:  $f''(x) = (2-x^2)\sin x + 4x\cos x$ . На отрезке  $[0; 1]$   $f''(x)$  всюду положительна, причем ее значение ограничено сверху:  $|f''(x)| < 3,3$ .

Таким образом, используя формулу (4) ( $a = 0, b=1, h = 0,1$ ), имеем

$$|R_2| < \frac{3,3 \cdot 0,1^2}{12} = 0,00275.$$

Итак, приняв на заданном участке интегрирования  $n = 10$ , мы сможем получить интеграл от заданной функции с погрешностью, не превышающей 0,003, если будем вести вычисления таким образом, чтобы погрешность округления не исказила окончательный результат в пределах точности метода.

Значения подынтегральной функции в узловых точках приведены в табл. 1.

В последней строке таблицы получены суммы значений  $y_i$  по столбцам. Используя значения этих сумм, в соответствии с формулой трапеций (3) имеем:

$$I = 0,1 * (0,4207355 + 1,8302453) = 0,225098.$$

Учитывая вычисленную раньше ошибку  $R$ , получаем окончательно

Таблица 1

$x_i$	$\frac{y_i}{2} (i=0, 10)$	$y_i (i=1, 2, \dots, 9)$
0	0	
0,1		0,0009983
0,2		0,0079467
0,3		0,0265968
0,4		0,0623068
0,5		0,1198562
0,6		0,2032711
0,7		0,3156668
0,8		0,4591078
0,9		0,6344948
1,0	0,4207355	
	0,4207355	1,8302453



$$I=0,225 \pm 0,003.$$

**Задание для самостоятельной работы:**

Вычислить интеграл по формуле трапеции при  $n=10$ , оценивая точность с помощью сравнения полученных результатов.

$$\text{№ 1. 1) } \int_{0,6}^{1,4} \frac{\sqrt{x^2+5} dx}{2x+\sqrt{x^2+0,5}}$$

$$\text{№ 2. 1) } \int_{0,4}^{1,2} \frac{\sqrt{0,5x+2} dx}{\sqrt{2x^2+1+0,8}}$$

$$\text{№ 3. 1) } \int_{0,8}^{1,8} \frac{\sqrt{0,8x^2+1} dx}{x+\sqrt{1,5x^2+2}}$$

$$\text{№ 4. 1) } \int_{1,0}^{2,2} \frac{\sqrt{1,5x+0,6} dx}{1,6+\sqrt{0,8x^2+2}}$$

$$\text{№ 5. 1) } \int_{1,2}^{2,0} \frac{\sqrt{2x^2+1,6} dx}{2x+\sqrt{0,5x^2+3}}$$

$$\text{№ 6. 1) } \int_{1,3}^{2,5} \frac{\sqrt{x^2+0,6} dx}{1,4+\sqrt{0,8x^2+1,3}}$$

$$\text{№ 7. 1) } \int_{1,2}^{2,6} \frac{\sqrt{0,4x+1,7} dx}{1,5x+\sqrt{x^2+1,3}}$$

$$\text{№ 8. 1) } \int_{0,8}^{1,6} \frac{\sqrt{0,3x^2+2,3} dx}{1,8+\sqrt{2x+1,6}}$$

$$\text{№ 9. 1) } \int_{1,2}^{2} \frac{\sqrt{0,6x+1,7} dx}{2,1x+\sqrt{0,7x^2+1}}$$

$$\text{№ 10. 1) } \int_{0,8}^{2,4} \frac{\sqrt{0,4x^2+1,5} dx}{2,5+\sqrt{2x+0,8}}$$

$$\text{№ 11. 1) } \int_{1,2}^{2,8} \frac{\sqrt{1,2x+0,7} dx}{1,4x+\sqrt{1,3x^2+0,5}}$$

$$\text{№ 12. 1) } \int_{0,6}^{2,4} \frac{\sqrt{1,1x^2+0,9} dx}{1,6+\sqrt{0,8x^2+1,4}}$$

$$\text{№ 13. 1) } \int_{0,7}^{2,1} \frac{\sqrt{0,6x+1,5} dx}{2x+\sqrt{x^2+3}}$$

$$\text{№ 14. 1) } \int_{0,8}^{2,4} \frac{\sqrt{1,5x+2,3} dx}{3+\sqrt{0,3x+1}}$$

$$\text{№ 15. 1) } \int_{1,9}^{2,6} \frac{\sqrt{2x+1,7} dx}{2,4+\sqrt{1,2x^2+0,6}}$$

$$\text{№ 16. 1) } \int_{0,5}^{1,9} \frac{\sqrt{0,7x^2+2,3} dx}{3,2+\sqrt{0,8x+1,4}}$$

$$\text{№ 17. 1) } \int_{1}^{2,6} \frac{\sqrt{0,4x+3} dx}{0,7x+\sqrt{2x^2+0,5}}$$

$$\text{№ 18. 1) } \int_{0,7}^{2,1} \frac{\sqrt{1,7x^2+0,5} dx}{1,4+\sqrt{1,2x+1,3}}$$

$$\text{№ 19. 1) } \int_{0,6}^{2,2} \frac{\sqrt{1,5x+1} dx}{1,2x+\sqrt{x^2+1,8}}$$

$$\text{№ 20. 1) } \int_{1,2}^{2} \frac{\sqrt{2x^2+0,7} dx}{1,5+\sqrt{0,8x+1}}$$

$$\text{№ 21. 1) } \int_{1,2}^{2,7} \frac{\sqrt{1,3x^2+0,8} dx}{1,7x+\sqrt{2x+0,5}}$$

$$\text{№ 22. 1) } \int_{0,6}^{1,4} \frac{\sqrt{x^2+0,5} dx}{2x+\sqrt{x^2+2,5}}$$

$$\text{№ 23. 1) } \int_{0,4}^{1,2} \frac{\sqrt{2x^2+1} dx}{0,8x+\sqrt{0,5x+2}}$$

$$\text{№ 24. 1) } \int_{0,8}^{1,8} \frac{\sqrt{1,5x^2+2} dx}{x+\sqrt{0,8x^2+1}}$$

$$\text{№ 25. 1) } \int_{1}^{2,2} \frac{\sqrt{0,8x^2+2} dx}{1,6+\sqrt{1,5x+0,6}}$$

$$\text{№ 26. 1) } \int_{1,2}^{2,0} \frac{\sqrt{0,5x^2+3} dx}{2x+\sqrt{2x^2+1,6}}$$

$$\text{№ 27. 1) } \int_{1,3}^{2,5} \frac{\sqrt{0,8x^2+1,3} dx}{1,4+\sqrt{x^2+0,6}}$$

$$\text{№ 28. 1) } \int_{1,2}^{2,6} \frac{\sqrt{x^2+1,3} dx}{1,5x+\sqrt{0,4x+1,7}}$$

$$\text{№ 29. 1) } \int_{0,8}^{1,6} \frac{\sqrt{2x+1,6} dx}{1,8+\sqrt{0,3x^2+2,3}}$$

$$\text{№ 30. 1) } \int_{1,2}^{2} \frac{\sqrt{0,7x^2+1} dx}{2,1x+\sqrt{0,6x+1,7}}$$

## Лабораторная работа № 13

### Тема занятия: Использование ППП для численного интегрирования методом парабол. Применение метода параболы

#### Цель работы:

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<i>Код</i>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

### ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ

При вычислении определенного интеграла:

$$I = \int_a^b f(x) dx,$$

Где  $f(x)$  — непрерывная на отрезке  $[a; b]$  функция, иногда удается практически воспользоваться формулой Ньютона — Лейбница:

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a). \quad (1)$$

Здесь  $F(x)$  одна из первообразных функций (т.е. такая функция, что  $F'(x) = f(x)$ ). Однако даже в тех практически редких случаях, когда первообразную удастся явно найти в аналитической форме, не всегда удастся довести до числового ответа значение определенного интеграла. Если к тому же учесть, что иногда подынтегральная функция вовсе задается таблицей или графиком, то становится понятным, почему формула (1) не исчерпывает практических приемов вычисления интегралов.

На практике часто применяют различные методы приближенного (численного) интегрирования. Формулы, используемые для приближенного вычисления интегралов, называют квадратурными формулами.

Простой прием построения квадратурных формул состоит в том, что подынтегральная функция  $f(x)$  заменяется на отрезке  $[a; b]$  интерполяционным многочленом, например, многочленом Лагранжа  $L_n(x)$ , и принимается приближенное равенство

$$\int_a^b f(x) dx \approx \int_a^b L_n(x) dx. \quad (2)$$

Подобный подход удобен тем, что он приводит к алгоритмам, легко реализуемым на компьютере и позволяющим получить результат с точностью, достаточной для широкого круга практических приложений. При этом предполагается, что отрезок  $[a, b]$  разбит на  $n$  частей точками  $a = x_0, x_1, x_2, \dots, x_n = b$ , наличие которых подразумевается при построении многочлена  $L_n(x)$ . В силу фактической единственности интерполяционного полинома  $n$ -й степени для данной функции и данной системы узлов не имеет значения, использовать ли в этой процедуре многочлен Лагранжа или многочлены Ньютона.

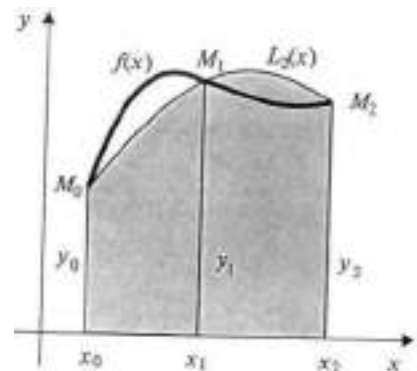


Рис. 1. Иллюстрация к вычислению интеграла по формуле Симпсона

Если подынтегральная функция заменяется интерполяционным многочленом Лагранжа второй степени (т.е. квадратичной функцией), то геометрически, это означает замену подынтегральной функции  $f(x)$  параболой  $L_2(x)$ , проходящей через точки  $M_i(x_i, y_i)$  ( $i = 0, 1, 2$ ) (рис. 1).

то получается формула

$$\int_a^b f(x) dx \approx \frac{2h}{3} \left( \frac{y_0 + y_{2m}}{2} + 2y_1 + y_2 + \dots + 2y_{2m-1} \right). \quad (3)$$

Формула (3) дает один из простейших способов вычисления определенного интеграла и называется формулой Симпсона или формулой <sup>Рис 1</sup> параболы.

Оценка остаточного члена формулы Симпсона производится следующим образом:

$$|R_n| \leq M_4 \frac{|b-a| \cdot h^4}{180},$$

где  $M_4 = \max_{a \leq x \leq b} |f^{(4)}(x)|$ .

(4)

## II. Практическая часть

**Задание 1.** Вычислить интеграл  $I = \int_0^1 x^2 \sin x dx$  по формуле Симпсона трапеций, разделив отрезок  $[0; 1]$  на 10 равных частей, и оценить погрешность вычислений.

Для оценки остаточного члена найдем производную четвертого порядка от подынтегральной функции  $f(x) = x^2 \sin x$

$$f^{(4)}(x) = (x^2 - 12) \sin x - 8x \cos x.$$

Значение  $|f^{(4)}(x)|$  на отрезке  $[0; 1]$  ограничено числом 14. Используя формулу

оценку:  $|R_4| < \frac{14 \cdot 0,1^4}{180} = 0,0000077$ .

(4), получаем

Значения подынтегральной функции в узлах в соответствии с формулой Симпсона (3) приведены в табл. 2.

Таблица 2

$x_i$	$\frac{x_i}{2}$ ( $i=0, 10$ )	$y_i$ ( $i=2, 4, 6, 8$ )	$y_i$ ( $i=1, 3, 5, 7, 9$ )
0	0		
0,1			0,0019966
0,2		0,0079467	
0,3			0,0531936
0,4		0,0623068	
0,5			0,2397124
0,6		0,2032711	
0,7			0,6313333
0,8		0,4591078	
0,9			1,2689896
1,0	0,4207355		
	0,4207355	0,7326324	2,1952255

Используя значения сумм из последней строки таблицы, имеем по формуле Симпсона:

$$I = \frac{2 \cdot 0,1}{3} (0,4207355 + 0,7326324 + 2,1952255) = 0,2232395.$$

Округляя результат в соответствии с полученной раньше оценкой, получаем  $I = 0,223240 \pm 0,000008$ .

**Задание 2.** Сравнить полученный результат со значением интеграла, вычисленного по формуле трапеции.

**Задание для самостоятельной работы:**

Вычислить интеграл по формуле Симпсона при  $n=10$ , оценивая точность с помощью сравнения полученных результатов.

$$\text{№ 1. 1) } \int_{0,6}^{1,4} \frac{\sqrt{x^2+5} dx}{2x+\sqrt{x^2+0,5}}$$

$$\text{№ 2. 1) } \int_{0,4}^{1,2} \frac{\sqrt{0,5x+2} dx}{\sqrt{2x^2+1+0,8}}$$

$$\text{№ 3. 1) } \int_{0,8}^{1,6} \frac{\sqrt{0,8x^2+1} dx}{x+\sqrt{1,5x^2+2}}$$

$$\text{№ 4. 1) } \int_{1,0}^{2,2} \frac{\sqrt{1,5x+0,6} dx}{1,6+\sqrt{0,8x^2+2}}$$

$$\text{№ 5. 1) } \int_{1,2}^{2,0} \frac{\sqrt{2x^2+1,6} dx}{2x+\sqrt{0,5x^2+3}}$$

$$\text{№ 6. 1) } \int_{1,3}^{2,5} \frac{\sqrt{x^2+0,6} dx}{1,4+\sqrt{0,8x^2+1,3}}$$

$$\text{№ 7. 1) } \int_{1,2}^{2,6} \frac{\sqrt{0,4x+1,7} dx}{1,5x+\sqrt{x^2+1,3}}$$

$$\text{№ 8. 1) } \int_{0,8}^{1,6} \frac{\sqrt{0,3x^2+2,3} dx}{1,8+\sqrt{2x+1,6}}$$

$$\text{№ 9. 1) } \int_{1,2}^2 \frac{\sqrt{0,6x+1,7} dx}{2,1x+\sqrt{0,7x^2+1}}$$

$$\text{№ 10. 1) } \int_{0,8}^{2,4} \frac{\sqrt{0,4x^2+1,5} dx}{2,5+\sqrt{2x+0,8}}$$

$$\text{№ 11. 1) } \int_{1,2}^{2,8} \frac{\sqrt{1,2x+0,7} dx}{1,4x+\sqrt{1,3x^2+0,5}}$$

$$\text{№ 12. 1) } \int_{0,6}^{2,4} \frac{\sqrt{1,1x^2+0,9} dx}{1,6+\sqrt{0,8x^2+1,4}}$$

$$\text{№ 13. 1) } \int_{0,7}^{2,1} \frac{\sqrt{0,6x+1,5} dx}{2x+\sqrt{x^2+3}}$$

$$\text{№ 14. 1) } \int_{0,8}^{2,4} \frac{\sqrt{1,5x+2,3} dx}{3+\sqrt{0,3x+1}}$$

$$\text{№ 15. 1) } \int_{1,9}^{2,6} \frac{\sqrt{2x+1,7} dx}{2,4+\sqrt{1,2x^2+0,6}}$$

$$\text{№ 16. 1) } \int_{0,5}^{1,9} \frac{\sqrt{0,7x^2+2,3} dx}{3,2+\sqrt{0,8x+1,4}}$$

$$\text{№ 17. 1) } \int_1^{2,6} \frac{\sqrt{0,4x+3} dx}{0,7x+\sqrt{2x^2+0,5}}$$

$$\text{№ 18. 1) } \int_{0,7}^{2,1} \frac{\sqrt{1,7x^2+0,5} dx}{1,4+\sqrt{1,2x+1,3}}$$

$$\text{№ 19. 1) } \int_{0,6}^{2,2} \frac{\sqrt{1,5x+1} dx}{1,2x+\sqrt{x^2+1,8}}$$

$$\text{№ 20. 1) } \int_{1,2}^3 \frac{\sqrt{2x^2+0,7} dx}{1,5+\sqrt{0,8x+1}}$$

$$\text{№ 21. 1) } \int_{1,3}^{2,7} \frac{\sqrt{1,3x^2+0,8} dx}{1,7x+\sqrt{2x+0,5}}$$

$$\text{№ 22. 1) } \int_{0,6}^{1,4} \frac{\sqrt{x^2+0,5} dx}{2x+\sqrt{x^2+2,5}}$$

$$\text{№ 23. 1) } \int_{0,4}^{1,2} \frac{\sqrt{2x^2+1} dx}{0,8x+\sqrt{0,5x+2}}$$

$$\text{№ 24. 1) } \int_{0,8}^{1,6} \frac{\sqrt{1,5x^2+2} dx}{x+\sqrt{0,8x^2+1}}$$

$$\text{№ 25. 1) } \int_1^{2,2} \frac{\sqrt{0,8x^2+2} dx}{1,6+\sqrt{1,5x+0,6}}$$

$$\text{№ 26. 1) } \int_{1,2}^{2,0} \frac{\sqrt{0,5x^2+3} dx}{2x+\sqrt{2x^2+1,6}}$$

$$\text{№ 27. 1) } \int_{1,3}^{2,5} \frac{\sqrt{0,8x^2+1,3} dx}{1,4+\sqrt{x^2+0,6}}$$

$$\text{№ 28. 1) } \int_{1,2}^{2,6} \frac{\sqrt{x^2+1,3} dx}{1,5x+\sqrt{0,4x+1,7}}$$

$$\text{№ 29. 1) } \int_{0,8}^{1,6} \frac{\sqrt{2x+1,6} dx}{1,8+\sqrt{0,3x^2+2,3}}$$

$$\text{№ 30. 1) } \int_{1,2}^2 \frac{\sqrt{0,7x^2+1} dx}{2,1x+\sqrt{0,6x+1,7}}$$

## Лабораторная работа № 14

**Тема занятия: Использование ППП для решения дифференциальных уравнений методом Эйлера. Применение метода Эйлера**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

Пусть дано уравнение (6) с начальным условием (7) (т.е. поставлена задача Коши).

$$y' = f(x, y) \quad (6)$$

найти решение в виде функции  $y(x)$ , удовлетворяющей начальному условию

$$y(x_0) = y_0 \quad (7)$$

Вначале найдем простейшим способом приближенное значение решения в некоторой точке  $x_1 = x_0 + h$ , где  $h$  достаточно малый шаг. Заметим, что уравнение (6) совместно с начальным условием (7) задают направление касательной к искомой интегральной кривой в точке  $M_0(x_0, y_0)$ . Двигаясь вдоль этой касательной (рисунок 4), получим приближенное значение решения в точке  $x_1$ :

$$y_1 = y_0 + hf(x_0, y_0). \quad (8)$$

Располагая приближенным решением в точке  $M_1(x_1, y_1)$ , можно повторить описанную выше процедуру: построить прямую, проходящую через эту точку под углом, определяемым условием  $\operatorname{tg} \beta = f(x_1, y_1)$ , и по ней найти приближенное значение решения в точке  $x_2 = x_1 + h$ . Заметим, что, в отличие от ситуации, изображенной на рисунке 4, эта прямая не есть касательная к реальной интегральной кривой, поскольку точка  $\tilde{M}_1$  нам недоступна. Однако представляется интуитивно ясным, что если  $h$  достаточно мало, то получаемые приближения будут близки к точным значениям решения.

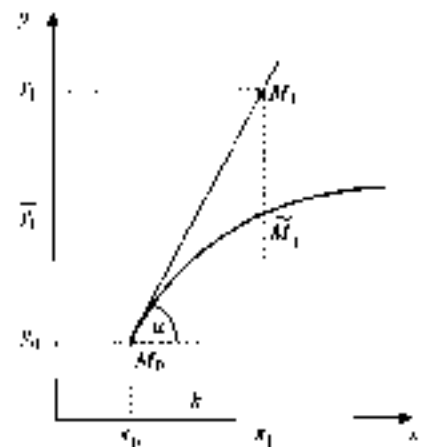


Рисунок 4 -Иллюстрация первого шага метода Эйлера

Продолжая эту идею, построим систему равноотстоящих точек  $x_i = x_0 + ih$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ). Получение таблицы значений искомой функции  $y(x)$  по методу Эйлера заключается в циклическом применении пары формул:

$$\Delta y_i = hf(x_i, y_i); \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y_i \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n). \quad (9)$$

Наиболее используемым эмпирическим методом оценки точности как метода Эйлера, так и других пошаговых методов приближенного численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений является способ двойного прохождения заданного отрезка — с шагом  $h$  и с шагом  $h/2$ . Совпадение соответствующих десятичных знаков в полученных двумя способами результатах

дает эмпирические основание считать их верными (хотя полной уверенности в этом быть не может).

## II. Практическая часть

**Задание 1.** Решить методом Эйлера дифференциальное уравнение  $y' = \cos y + 3x$  с начальным значением  $y(0) = 1,3$  на отрезке  $[0; 1]$ , приняв шаг  $h = 0,2$ .

Результаты вычислений с двумя знаками после запятой приведены в таблице.

$k$	$x_k$	$y_k$	$\Delta y_k = h(\cos y_k + 3x_k)$
0	0	1,3	0,05
1	0,2	1,35	0,16
2	0,4	1,52	0,25
3	0,6	1,77	0,32
4	0,8	2,09	0,38
5	1,0	2,47	

Порядок вычислений вполне очевиден: вначале находим

$$\Delta y_0 = h(\cos y_0 + 3x_0), \text{ затем } y_1 = y_0 + \Delta y_0 \text{ и т.д.}$$

**Задание для самостоятельной работы:**

Используя метод Эйлера, составить таблицу приближенных значений интеграла.

№ 1.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{5}}$ ,  $y_0(1,8) = 2,6$ ,  $x \in [1,8; 2,8]$ .

№ 2.  $y' = x + \cos \frac{y}{3}$ ,  $y_0(1,6) = 4,6$ ,  $x \in [1,6; 2,6]$ .

№ 3.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{10}}$ ,  $y_0(0,6) = 0,8$ ,  $x \in [0,6; 1,6]$ .

№ 4.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{7}}$ ,  $y_0(0,5) = 0,6$ ,  $x \in [0,5; 1,5]$ .

№ 5.  $y' = x + \cos \frac{y}{\pi}$ ,  $y_0(1,7) = 5,3$ ,  $x \in [1,7; 2,7]$ .

№ 6.  $y' = x + \cos \frac{y}{2,25}$ ,  $y_0(1,4) = 2,2$ ,  $x \in [1,4; 2,4]$ .

№ 7.  $y' = x + \cos \frac{y}{e}$ ,  $y_0(1,4) = 2,5$ ,  $x \in [1,4; 2,4]$ .

№ 8.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{2}}$ ,  $y_0(0,8) = 1,4$ ,  $x \in [0,8; 1,8]$ .

№ 9.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{3}}$ ,  $y_0(1,2) = 2,1$ ,  $x \in [1,2; 2,2]$ .

№ 10.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{11}}$ ,  $y_0(2,1) = 2,5$ ,  $x \in [2,1; 3,1]$ .

№ 11.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{5}}$ ,  $y_0(1,8) = 2,6$ ,  $x \in [1,8; 2,8]$ .

№ 12.  $y' = x + \sin \frac{y}{3}$ ,  $y_0(1,6) = 4,6$ ,  $x \in [1,6; 2,6]$ .



№ 13. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{10}}$ .	$y_0(0,6) = 0,8$ .	$x \in [0,6; 1,6]$ .
№ 14. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{7}}$ .	$y_0(0,5) = 0,6$ .	$x \in [0,5; 1,5]$ .
№ 15. $y' = x + \sin \frac{y}{\pi}$ .	$y_0(1,7) = 5,3$ .	$x \in [1,7; 2,7]$ .
№ 16. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{2,8}}$ .	$y_0(1,4) = 2,2$ .	$x \in [1,4; 2,4]$ .
№ 17. $y' = x + \sin \frac{y}{\pi}$ .	$y_0(1,4) = 2,5$ .	$x \in [1,4; 2,4]$ .
№ 18. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{2}}$ .	$y_0(0,8) = 1,3$ .	$x \in [0,8; 1,8]$ .
№ 19. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{4}}$ .	$y_0(1,1) = 1,5$ .	$x \in [1,1; 2,1]$ .
№ 22. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{15}}$ .	$y_0(0,2) = 1,1$ .	$x \in [0,2; 1,2]$ .
№ 23. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{1,3}}$ .	$y_0(0,1) = 0,8$ .	$x \in [0,1; 1,1]$ .
№ 24. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{0,3}}$ .	$y_0(0,5) = 0,6$ .	$x \in [0,5; 1,5]$ .
№ 25. $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{0,7}}$ .	$y_0(1,2) = 1,4$ .	$x \in [1,2; 2,2]$ .
№ 26. $y' = x + \cos \frac{y}{1,25}$ .	$y_0(0,4) = 0,8$ .	$x \in [0,4; 1,4]$ .
№ 27. $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{1,5}}$ .	$y_0(0,3) = 0,9$ .	$x \in [0,3; 1,3]$ .
№ 28. $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{1,3}}$ .	$y_0(1,2) = 1,8$ .	$x \in [1,2; 2,2]$ .
№ 29. $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{0,3}}$ .	$y_0(0,7) = 2,1$ .	$x \in [0,7; 1,7]$ .
№ 30. $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{0,7}}$ .	$y_0(0,9) = 1,7$ .	$x \in [0,9; 1,9]$ .

## Лабораторная работа № 15

**Тема занятия: Использование ППП для решения дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты. Применение метода Рунге-Кутты**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

Пусть дано уравнение (10) с начальным условием (11) (т.е. поставлена задача Коши).

$$y' = f(x, y) \quad (10)$$

найти решение в виде функции  $y(x)$ , удовлетворяющей начальному условию

$$y(x_0) = y_0 \quad (11)$$

Классический *метод Рунге-Кутты* 4-го порядка описывается следующей системой пяти равенств:

$$y_{i+1} = y_m + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \quad (12)$$

где

$$\begin{aligned} k_1 &= f(x_i, y_i), \\ k_2 &= f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{hk_1}{2}\right), \\ k_3 &= f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{hk_2}{2}\right), \\ k_4 &= f(x_i + h, y_i + hk_3). \end{aligned}$$

Строго говоря, существует не один, а группа методов Рунге-Кутты, отличающихся друг от друга порядком, т.е. количеством параметров  $k_j$ . В данном случае мы имеем метод 4-го порядка, который является одним из наиболее применяемых на практике, так как обеспечивает высокую точность и в то же время отличается сравнительной простотой. Поэтому в большинстве случаев он упоминается в литературе просто как «метод Рунге-Кутты» без указания его порядка.

## II. Практическая часть

**Задание 1.** Решить методом Рунге-Кутты дифференциальное уравнение  $y' = \cos y + 3x$  с начальным значением  $y(0) = 1,3$  на отрезке  $[0; 1]$ , приняв шаг  $h = 0,2$ .

Результаты вычислений с тремя знаками после запятой приведены в таблице.

i	x <sub>i</sub>	y <sub>i</sub>	k <sub>1</sub>	x <sub>i+h/2</sub>	y <sub>i+hk<sub>1</sub>/2</sub>	k <sub>2</sub>	y <sub>i+hk<sub>2</sub>/2</sub>	k <sub>3</sub>	x <sub>i+h</sub>	y <sub>i+hk<sub>3</sub></sub>	k <sub>4</sub>
0	0,0	1,300	0,267	0,1	1,327	0,542	1,354	0,515	0,2	1,403	0,767
1	0,2	1,405	0,765	0,3	1,481	0,989	1,504	0,967	0,4	1,598	1,172
2	0,4	1,600	1,171	0,5	1,717	1,354	1,735	1,336	0,6	1,867	1,508
3	0,6	1,869	1,507	0,7	2,019	1,666	2,035	1,652	0,8	2,199	1,812
4	0,8	2,200	1,811	0,9	2,382	1,975	2,398	1,964	1,0	2,593	2,147
5	1,0	2,595									

### Задание для самостоятельной работы:

Используя метод Рунге-Кутты, составить таблицу приближенных значений интеграла.

№ 1.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{5}}$ ,  $y_0(1.8) = 2.6$ ,  $x \in [1.8; 2.8]$ .

№ 2.  $y' = x + \cos \frac{y}{3}$ ,  $y_0(1.6) = 4.6$ ,  $x \in [1.6; 2.6]$ .

№ 3.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{10}}$ ,  $y_0(0.6) = 0.8$ ,  $x \in [0.6; 1.6]$ .

№ 4.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{7}}$ ,  $y_0(0.5) = 0.6$ ,  $x \in [0.5; 1.5]$ .

№ 5.  $y' = x + \cos \frac{y}{\pi}$ ,  $y_0(1.7) = 5.3$ ,  $x \in [1.7; 2.7]$ .

№ 6.  $y' = x + \cos \frac{y}{2.25}$ ,  $y_0(1.4) = 2.2$ ,  $x \in [1.4; 2.4]$ .

№ 7.  $y' = x + \cos \frac{y}{e}$ ,  $y_0(1.4) = 2.5$ ,  $x \in [1.4; 2.4]$ .

№ 8.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{2}}$ ,  $y_0(0.8) = 1.4$ ,  $x \in [0.8; 1.8]$ .

№ 9.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{3}}$ ,  $y_0(1.2) = 2.1$ ,  $x \in [1.2; 2.2]$ .

№ 10.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{11}}$ ,  $y_0(2.1) = 2.5$ ,  $x \in [2.1; 3.1]$ .

№ 11.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{5}}$ ,  $y_0(1.8) = 2.6$ ,  $x \in [1.8; 2.8]$ .

№ 12.  $y' = x + \sin \frac{y}{3}$ ,  $y_0(1.6) = 4.6$ ,  $x \in [1.6; 2.6]$ .

№ 13.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{10}}$ ,  $y_0(0.6) = 0.8$ ,  $x \in [0.6; 1.6]$ .

№ 14.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{7}}$ ,  $y_0(0.5) = 0.6$ ,  $x \in [0.5; 1.5]$ .

№ 15.  $y' = x + \sin \frac{y}{\pi}$ ,  $y_0(1.7) = 5.3$ ,  $x \in [1.7; 2.7]$ .

№ 16.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{2.8}}$ ,  $y_0(1.4) = 2.2$ ,  $x \in [1.4; 2.4]$ .

№ 17.  $y' = x + \sin \frac{y}{2}$ ,  $y_0(1.4) = 2.5$ ,  $x \in [1.4; 2.4]$ .

- № 18.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{2}}$ ,  $y_0(0,8) = 1,3$ ,  $x \in [0,8; 1,8]$ .
- № 19.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{1}}$ ,  $y_0(1,1) = 1,5$ ,  $x \in [1,1; 2,1]$ .
- № 22.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{15}}$ ,  $y_0(0,2) = 1,1$ ,  $x \in [0,2; 1,2]$ .
- № 23.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{1,3}}$ ,  $y_0(0,1) = 0,8$ ,  $x \in [0,1; 1,1]$ .
- № 24.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{0,3}}$ ,  $y_0(0,5) = 0,6$ ,  $x \in [0,5; 1,5]$ .
- № 25.  $y' = x + \sin \frac{y}{\sqrt{0,7}}$ ,  $y_0(1,2) = 1,4$ ,  $x \in [1,2; 2,2]$ .
- № 26.  $y' = x + \cos \frac{y}{1,25}$ ,  $y_0(0,4) = 0,8$ ,  $x \in [0,4; 1,4]$ .
- № 27.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{1,5}}$ ,  $y_0(0,3) = 0,9$ ,  $x \in [0,3; 1,3]$ .
- № 28.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{1,3}}$ ,  $y_0(1,2) = 1,8$ ,  $x \in [1,2; 2,2]$ .
- № 29.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{0,3}}$ ,  $y_0(0,7) = 2,1$ ,  $x \in [0,7; 1,7]$ .
- № 30.  $y' = x + \cos \frac{y}{\sqrt{0,7}}$ ,  $y_0(0,9) = 1,7$ ,  $x \in [0,9; 1,9]$ .

## Лабораторная работа № 16

**Тема занятия: Использование ППП для решения задач линейного программирования. Решение задач линейного программирования**

**Цель работы:**

*уметь:*

– работать с пакетами прикладных программ профессиональной направленности

*знать:*

– численные методы решения прикладных задач;

*формировать общие и профессиональные компетенции:*

<b>Код</b>	<b>Наименование результата обучения</b>
<i>ОК 1.</i>	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<i>ОК 2.</i>	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<i>ОК 3.</i>	Принимать решение в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<i>ОК 4.</i>	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<i>ОК 6.</i>	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности
<i>ОК 7.</i>	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
<i>ОК 8.</i>	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<i>ПК 4.1</i>	Проводить анализ систем автоматического управления с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.2</i>	Выбирать приборы и средства автоматизации с учетом специфики технологических процессов
<i>ПК 4.3</i>	Составлять схемы специализированных узлов, блоков, устройств и систем автоматического управления
<i>ПК 4.4</i>	Рассчитывать параметры типовых схем и устройств
<i>ПК 4.5</i>	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации

## I. Теоретическая часть

В задачах линейного программирования всегда необходимо найти минимум (или максимум) линейной функции многих переменных при **линейных** ограничениях в виде равенств или неравенств.

$$L = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \min$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$\vdots$$

$$a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kn}x_n \leq b_k$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

В задачи целочисленного программирования добавляется ограничение, что все  $x_i$  должны быть **целыми**.

## II. Практическая часть

**Задание 1.** Решить задачу линейного программирования:

$$L = 5x_1 - 2x_3 \rightarrow \min$$

$$- 5x_1 - x_2 + 2x_3 \leq 2$$

$$- x_1 + x_3 + x_4 \leq 5$$

$$- 3x_1 + 5x_4 \leq 7$$

Для решения подобных задач предназначена команда **Поиск решения** из меню **Сервис**.

Пусть значения  $x_1, x_2, x_3, x_4$  хранятся в ячейки **A1:A4**, а значение функции **L** - в ячейке **C1**. Введем ограничения:

$$C2 = -5*A1 - A2 + 2*A3$$

$$C3 = -A1 + A3 + A4$$

$$C4 = -3*A1 + 5*A4.$$

Таким образом, было задано условие исходной задачи линейного программирования.

Выполним команду из главного меню **Сервис** → **Поиск решения** (рисунок 1).

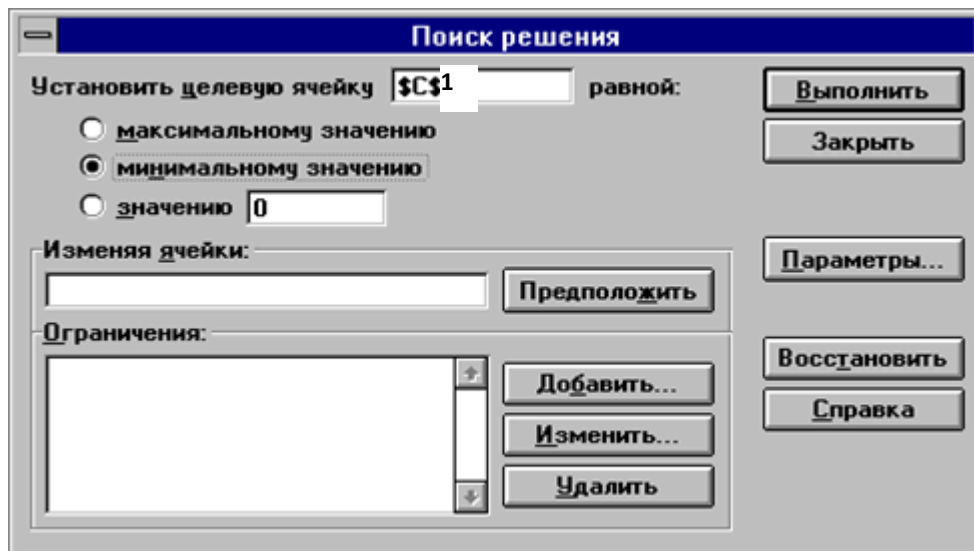


Рисунок 1

Устремим целевую функцию в ячейке **C1** к минимуму. Для этого введем в поле **Установить целевую функцию** значение **C1** и установим опцию "**равной минимальному значению**".

В поле **Изменяя ячейки** необходимо указать адреса ячеек, в которых хранятся изменяемые значения. В нашем случае это ячейки **A1:A4**.

Для добавления ограничений необходимо щелкнуть по кнопке **Добавить**, появится диалоговое окно **Добавить ограничение** (рисунок 2).

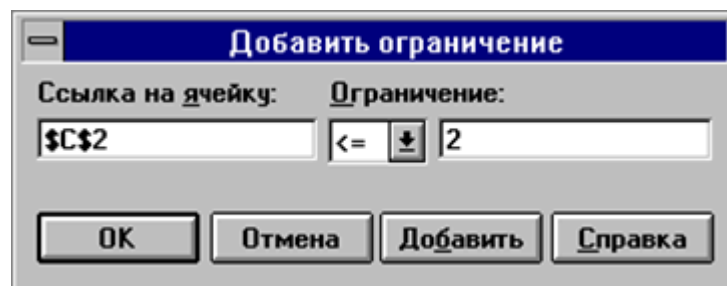


Рисунок 2

В поле ввода **Ссылка на ячейку** необходимо ввести адрес ячейки, где хранится ограничение, затем, щелкнув по стрелке, выбрать знак и ввести значение ограничения в поле **Ограничение**.

Щелчок по кнопке **ОК** означает ввод очередного ограничения и возврат к диалоговому окну **Поиск решения**.

Щелчок по кнопке **Добавить** вводит очередное ограничение, находясь в окне **Добавить ограничение**.

В нашем случае окно будет иметь вид, изображенный на рисунке 3.



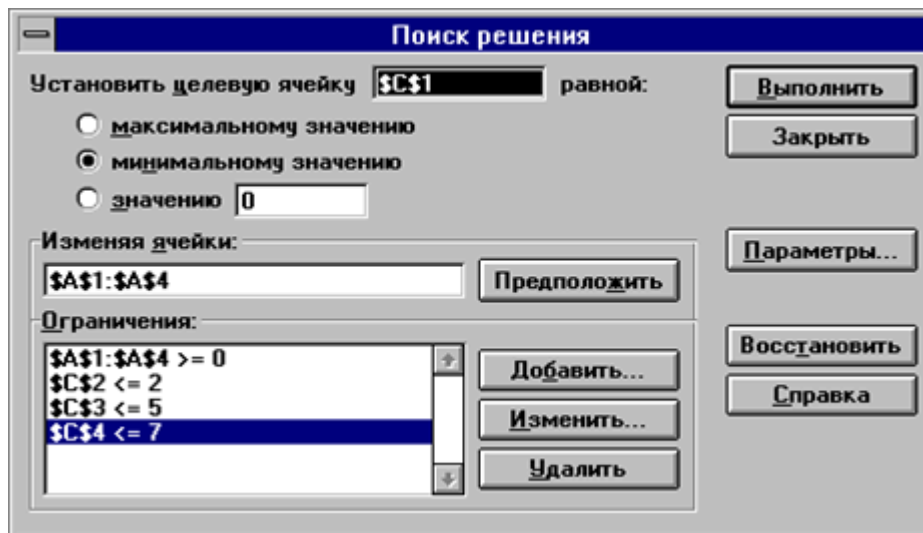


Рисунок 3

Щелчок по кнопке **Выполнить** начнет процесс решения задачи, завершится который появлением диалогового окна, изображенного на рисунке 4.

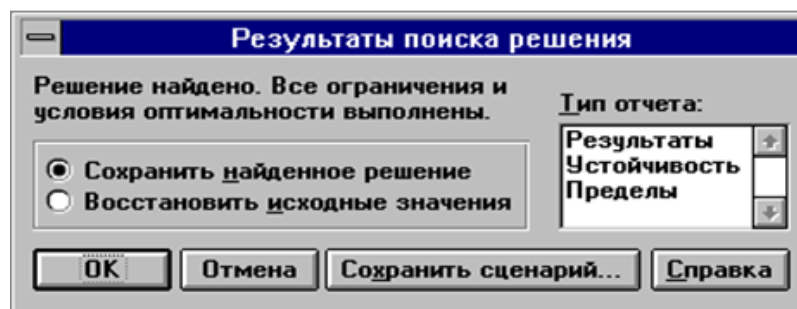


Рисунок 4

Щелчок по кнопке **ОК** приведет к появлению в ячейке **C1** значения целевой функции **L**, а в ячейках **A1:A4** - значений переменных **x1-x4**, при которых целевая функция достигает минимального значения.

Если задача не имеет решения или неверно были заданы исходные данные, в окне **Результаты поиска решения** может появиться сообщение о том, что решение не найдено.

Итак, назначение основных кнопок и окон диалогового окна **Поиск решения**:

- Поле **Установить целевую ячейку** - определяет целевую ячейку, значение которой необходимо максимизировать или минимизировать, или сделать равным конкретному значению.
- Опции "**минимальному значению**", "**максимальному значению**" и "**значению**", определяют, что необходимо сделать со значением целевой ячейки - максимизировать, минимизировать или сделать равным конкретному значению.

- Поле **Изменяя ячейки** определяет изменяемые ячейки. Изменяемая ячейка - это ячейка, которая может быть изменена в процессе поиска решения для достижения нужного результата в ячейке из окна **Установить целевую ячейку** с удовлетворением поставленных ограничений.
- Кнопка **Предположить** отыскивает все неформульные ячейки, прямо или непрямо зависящие от формулы в окне **Установить целевую ячейку**, и помещает их ссылки в окно **Изменяя ячейки**.
- Окно **Ограничения** перечисляет текущие ограничения в данной задаче. Ограничение есть условие, которое должно удовлетворяться решением; ограничения перечисляются в виде ячеек или интервалов ячеек, обычно содержащих формулу, которая зависит от одной или нескольких изменяемых ячеек, чье значение должно попадать внутрь определенных границ или удовлетворять равенству.
- кнопки **Добавить**, **Изменить**, **Удалить** позволяют добавить, изменить или удалить ограничение.
- Кнопка **Выполнить** запускает процесс решения определенной задачи.
- Кнопка **Закреть** закрывает окно диалога, не решая проблемы. Сохраняются лишь изменения, сделанные при помощи кнопок **Параметры**, **Добавить**, **Изменить** и **Удалить**. Не сохраняются изменения, произведенные после использования данных кнопок.
- Кнопка **Параметры** выводит окно диалога **Параметры поиска решения**, в котором можно контролировать различные аспекты процесса отыскания решения, а также загрузить или сохранить некоторые параметры, такие, как выделение ячеек и ограничений, для какойто конкретной задачи на рабочем листе.
- Кнопка **Сбросить** очищает все текущие установки задачи и возвращает все параметры к их значениям по умолчанию.

С помощью решающего блока можно решить множество различных оптимизационных задач (задач на максимум и минимум) с ограничениями любого типа. При решении задачи целочисленного программирования необходимо добавить ограничение, показывающее, что переменные целочисленные. При решении других оптимизационных задач вводят целевую функцию и ограничения.

## Задание для самостоятельной работы:

1	$W = 2x_1 - x_2 + x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \leq 1 \\ x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \leq 0 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \geq 3 \end{cases}$	2	$W = 3 + 2x_2 + x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 + 2x_3 + x_4 \geq 1 \\ 2x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \geq 1 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 \geq -1 \\ x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 5 \end{cases}$
3	$W = x_3 + 3x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 - x_3 - x_4 \leq 2 \\ x_1 - x_2 - x_3 + x_4 \geq 0 \\ -x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 \geq -3 \\ x_1 \geq 1 \end{cases}$	4	$W = x_1 - x_2 - 2x_4 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 \leq 4 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - 2x_4 \geq 2 \\ x_1 - x_4 \geq 1 \\ x_2 + x_3 \leq 1 \end{cases}$
5	$W = -x_2 - 2x_3 + x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 3x_1 - x_2 \leq 2 \\ x_2 - 2x_3 \leq -1 \\ 4x_3 - x_4 \leq 3 \\ 5x_1 + x_4 \geq 6 \end{cases}$	6	$W = -4 - 2x_1 - x_2 - x_3 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 4x_4 \geq -10 \\ x_1 + x_2 - x_3 - x_4 \leq -4 \\ x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \geq -6 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 10 \end{cases}$
7	$W = 2 + 2x_2 - x_3 + 3x_4 \rightarrow \max$ $\begin{cases} -x_1 + x_2 - 2x_4 \geq -1 \\ x_1 + x_3 + x_4 \geq 1 \\ x_2 + x_3 - x_4 \geq 1 \\ x_3 \leq 4; x_4 \leq 10 \end{cases}$	8	$W = x_1 - 10x_2 + 100x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \\ x_1 - x_2 - x_3 \leq 2 \\ -x_1 + 2x_3 \leq 0 \\ x_1 + 2x_3 \leq 5 \end{cases}$
9	$W = x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 1 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 3 \\ x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_1 + x_3 \leq 2 \\ x_2 + x_3 \leq 2 \end{cases}$	10	$W = 2 + x_1 - x_2 + 2x_3 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 - x_2 \leq 0 \\ x_1 + x_3 \geq 2 \\ x_1 + x_2 - x_3 \leq 3 \end{cases}$
11	$W = 2 + x_1 + 2x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 + 2x_2 \geq 3 \\ -2x_1 + 2x_2 \geq -4 \\ x_1 + 3x_2 \geq 4 \\ 3x_1 + x_2 \geq 4 \end{cases}$	12	$W = x_1 + x_3 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 4 \\ x_1 - x_2 + x_3 \leq 2 \\ x_1 + x_2 - x_3 \geq 2 \\ -x_1 + x_2 + x_3 \leq 2 \end{cases}$
13	$W = 2 + x_1 + 3x_3 - x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \leq 2 \\ x_1 + x_2 - x_3 + x_4 \leq 2 \\ x_1 - x_2 + x_3 + x_4 \leq 2 \\ -x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 2 \end{cases}$	14	$W = x_2 + 2x_3 - x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} -x_1 + x_2 - 2x_4 \geq -1 \\ x_1 + x_3 + x_4 \geq 1 \\ x_2 + x_3 - x_4 \geq 1 \end{cases}$

15	$W = -x_1 - x_2 + 2x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_5 \leq 3 \\ x_1 + x_3 + x_4 + 2x_5 \leq 2 \\ x_1 + x_2 + 2x_4 - x_5 \leq 2 \end{cases}$	16	$W = x_1 + x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 - 7x_2 + 22x_3 \leq 22 \\ 2x_1 - x_2 + 6x_3 \leq 6 \\ 2x_1 - 5x_2 + 2x_3 \leq 2 \\ -4x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \end{cases}$
17	$W = 3x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 - x_5 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + 2x_5 \geq 1 \\ x_1 + x_3 \geq 1 \\ x_1 + x_4 \geq 1 \end{cases}$	18	$W = -x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - 2x_2 \geq 2 \\ 2x_1 - x_2 \geq 2 \\ x_1 + x_2 \geq 5 \end{cases}$
19	$W = x_1 - x_2 + 3x_3 + x_4 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_4 \leq 1 \\ x_2 - x_3 + x_4 \leq 1 \\ x_1 + x_3 + 2x_4 \leq 2 \\ -2x_2 + x_4 \leq 0 \end{cases}$	20	$W = x_1 + x_2 + 3x_3 - x_4 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - 5x_2 + 4x_3 \leq 5 \\ x_1 - 2x_2 - 3x_3 \leq 4 \\ x_1 + 6x_2 + 5x_3 \leq 4 \\ x_2 + x_3 \leq 1 \end{cases}$
21	$W = x_1 + x_2 + x_3 + 1 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 0 \\ x_1 + x_3 \geq 1 \\ x_2 - x_3 \geq 1 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 \geq 0 \end{cases}$	22	$W = x_1 + x_2 + 3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 1 \\ x_1 - 2x_2 \geq -2 \\ -x_1 + x_2 \geq -1 \\ 2x_1 + x_2 \geq -2 \end{cases}$
23	$W = -3 + x_1 + 3x_2 + 5x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 \leq 1 \\ 2x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 1 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 1 \end{cases}$	24	$W = -5 + x_1 - x_2 - 3x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 - x_2 \leq 0 \\ x_1 + x_3 \geq 2 \\ x_1 + x_2 - x_3 \leq 3 \end{cases}$
25	$W = -3 - 2x_1 - x_3 - 2x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 - x_2 + 2x_3 + x_4 \geq 1 \\ 2x_1 - x_2 + x_3 - x_4 \geq 1 \\ x_1 - 2x_2 + x_3 - x_4 \geq -1 \\ x_1 + x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 5 \end{cases}$	26	$W = x_1 + x_2 - x_3 - 2x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 + x_4 \leq 1 \\ -x_1 - x_4 \leq 5 \\ x_2 + x_3 \leq 10 \end{cases}$
27	$W = x_1 + x_2 + x_3 - 3x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 1 \\ x_1 - x_2 - x_4 \leq 2 \\ x_2 + x_3 + x_5 \leq 1 \end{cases}$	28	$W = x_1 + x_2 + 4x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \\ -x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \\ -x_1 - x_2 + x_3 \leq 1 \\ x_1 - x_2 + x_3 \leq 1 \end{cases}$
29	$W = x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 3x_1 - x_2 \leq 2 \\ x_2 - 2x_3 \leq -1 \\ 4x_3 - x_4 \leq 3 \\ 5x_1 + x_4 \geq 6 \end{cases}$	30	$W = -x_1 - x_2 + 2x_3 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq 1 \\ x_1 - x_2 - x_3 \leq 2 \\ -x_1 + 2x_3 \leq 2 \end{cases}$

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
Технический колледж имени С.И. Мосина**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению практических работ**

**по дисциплине «Компьютерное моделирование»**

**по специальности**

**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)**

**Тула 2020**

УТВЕРЖДЕНЫ

- Цикловой комиссией естественнонаучных дисциплин

Протокол от «15» 01 2020 г. № 6

Председатель цикловой комиссии



Е.А.Рейм

## Тема 1.3 Основные этапы моделирования

### Практическое занятие 1. Разработка математической модели процесса, явления, предметной области

#### 1 Теоретическая часть

Все этапы определяются поставленной задачей и целями моделирования. В общем случае процесс построения и исследования модели можно представить схемой, представленной на рисунке 1.

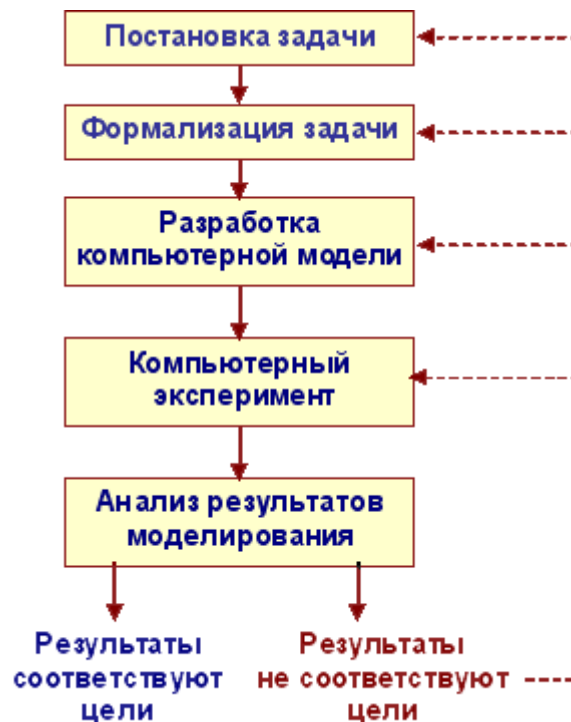


Рисунок 1

**Первый этап** — постановка задачи включает в себя стадии: описание задачи, определение цели моделирования, анализ объекта.

#### *Описание задачи*

Задача формулируется на обычном языке. По характеру постановки все задачи можно разделить на две основные группы. К первой группе можно отнести задачи, в которых требуется исследовать, как изменятся характеристики объекта при некотором воздействии на него, «что будет, если?...».

Например, что будет, если магнитный диск положить рядом с магнитом? Или: что будет, если повысить проходной балл в институте? Резко увеличить плату за проезд в общественном транспорте? и т. п.

В задачах, относящихся ко второй группе, требуется определить, какое надо произвести воздействие на объект, чтобы его параметры удовлетворяли некоторому заданному условию, «как сделать, чтобы?...».

Например, как надо построить образовательный процесс в современном колледже, чтобы студентам было интересно учиться?

#### *Определение цели моделирования*

На этой стадии необходимо среди многих характеристик (параметров) объекта выделить существенные. Мы уже говорили о том, что для одного и того же объекта при разных целях моделирования существенными будут считаться разные свойства.

Например, если вы строите модель системы автоматического регулирования уровня жидкости в резервуаре, то в первую очередь вас будут интересовать ее такие характеристики, как устройство датчика уровня жидкости, регулирующего клапана и т. д. Вы будете решать задачу «как сделать, чтобы...?»

Если мы исследуем устойчивость системы автоматического регулирования уровня жидкости в резервуаре, то будут интересовать коэффициенты передача устройства управления, датчиков и т.д. Будет решаться задача «что будет, если...?»

Определение цели моделирования позволяет четко установить, какие данные являются исходными, что требуется получить на выходе и какими свойствами объекта можно пренебречь.

Таким образом, строится словесная модель задачи.

На этом этапе выясняются свойства, состояния, действия и другие характеристики элементарных объектов в любой форме. Формируется представление об элементарных объектах, составляющих исходный объект, т. е. информационная модель.

Анализ объекта подразумевает четкое выделение моделируемого объекта и его основных свойств.

Поставленная цель должна быть соотнесена с реальными возможностями её достижения, т.е. с ресурсами (материальными и другими). Сопоставление целей с ресурсными ограничениями приводит к формулировке задачи исследования, которая помимо непротиворечивой системы конкретных целей, учитывающих ресурсные возможности, включает в себя объект моделирования. Задача и объект моделирования должны рассматриваться совместно. Данные о целях исследования, а также исходная информация об объекте моделирования служат для определения критерия качества создаваемой модели – количественной меры степени её совершенства. В случае вполне формализованной оптимизационной постановки (например, на основе аппарата линейного программирования) критерий приобретает вид некоторого функционала от переменных и параметров модели, значение которого достигает экстремума при оптимальных её характеристиках.

**Второй этап** — формализация задачи связан с созданием формализованной модели, то есть модели, записанной на каком-либо формальном языке. Например, данные переписи населения, представленные в виде таблицы или диаграммы — это формализованная модель. Прежде чем приступить к процессу моделирования, человек делает предварительные наброски чертежей либо схем на бумаге, выводит расчетные формулы, т. е. составляет информационную модель в той или иной знаковой форме.

В общем смысле формализация — это приведение существенных свойств и признаков объекта моделирования к выбранной форме.

Формальная модель - это модель, полученная в результате формализации.



Моделирование любой системы невозможно без предварительной формализации. По сути, формализация – это первый и очень важный этап процесса моделирования. Модели отражают самое существенное в изучаемых объектах, процессах и явлениях, исходя из поставленной цели моделирования. В этом главная особенность и главное назначение моделей.

Знаковая модель может быть либо компьютерной, либо некомпьютерной. Для решения задачи на компьютере больше всего подходит язык математики. В такой модели связь между исходными данными и конечными результатами фиксируется с помощью различных формул, а также накладываются ограничения на допустимые значения параметров.

**Третий этап** — разработка компьютерной модели начинается с выбора инструмента моделирования, другими словами, программной среды, в которой будет создаваться и исследоваться модель.

Существует множество программных комплексов, которые позволяют проводить исследование (моделирование) информационных моделей. Каждая программная среда имеет свой инструментарий и позволяет работать с определенными видами информационных объектов.

От этого выбора зависит алгоритм построения компьютерной модели, а также форма его представления. В среде программирования это программа, написанная на соответствующем языке. В прикладных средах (электронные таблицы, СУБД, графических редакторах и т. д.) это последовательность технологических приемов, приводящих к решению задачи.

Следует отметить, что одну и ту же задачу можно решить, используя различные среды. Выбор инструмента моделирования зависит, в первую очередь, от реальных возможностей, как технических, так и материальных.

Человек уже знает, какова будет модель, и использует компьютер для придания ей знаковой формы. Например, для построения геометрических моделей, схем используются графические среды, для словесных или табличных описаний — среда текстового редактора.

**Четвертый этап** — компьютерный эксперимент включает две стадии: тестирование модели и проведение исследования.

*Тестирование модели* — процесс проверки правильности построения модели.

На этой стадии проверяется разработанный алгоритм построения модели и адекватность полученной модели объекту и цели моделирования.

Для проверки правильности алгоритма построения модели используется тестовые данные, для которых конечный результат заранее известен. (Обычно его определяют ручным способом). Если результаты совпадают, то алгоритм разработан верно, если нет — надо искать и устранять причину их несоответствия.

Тестирование должно быть целенаправленным и систематизированным, а усложнение тестовых данных должно происходить постепенно. Чтобы убедиться, что построенная модель правильно отражает существенные для цели

моделирования свойства оригинала, то есть является адекватной, необходимо подбирать тестовые данные, которые отражают реальную ситуацию.

### *Исследование модели*

К этой стадии компьютерного эксперимента можно переходить только после того, как тестирование модели прошло успешно, и вы уверены, что создана именно та модель, которую необходимо исследовать.

**Пятый этап** — анализ результатов является ключевым для процесса моделирования. Конечная цель моделирования — принятие решения, которое должно быть выработано на основе всестороннего анализа полученных результатов. Именно по итогам этого этапа принимается решение: продолжать исследование или закончить.

Если результаты не соответствуют целям поставленной задачи, значит, на предыдущих этапах были допущены ошибки. В этом случае необходимо корректировать модель, то есть возвращаться к одному из предыдущих этапов. Процесс повторяется до тех пор, пока результаты компьютерного эксперимента не будут отвечать целям моделирования.

## 2 Практическая часть

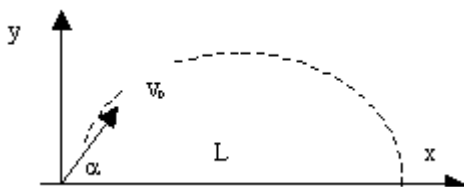
Требуется построить математическую модель физического процесса: движения тела, брошенного под углом к горизонту.

Цель: Выяснить зависимость расстояния и времени полета тела от угла броска и начальной скорости. Угол броска и начальная скорость являются главными факторами процесса моделирования.

### *1. Описание постановки. Построение математической модели*

При расчете будем использовать следующие допущения (второстепенные факторы):

- Система координат имеет начало в точке бросания;
- Тело движется вблизи поверхности земли, это значит, что ускорение свободного падения постоянно и равно  $9,81 \text{ м/с}^2$
- Сопротивление воздуха не учитывается, поэтому движение по горизонтали равномерное.



Пусть:

$v_0$  - начальная скорость (м/с),

$\alpha$  - угол бросания (радианы),

$L$  - дальность полета (м).

Движение тела, брошенного под углом к горизонту, описывается формулами

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha \quad - \text{горизонтальная составляющие начальной скорости}$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha \quad - \text{вертикальная составляющие начальной скорости}$$

$$x = v_x t \quad - \text{т. к. движение по горизонтали равномерное}$$

$$y = v_y t - \frac{gt^2}{2} \quad (1) \quad - \text{т. к. движение по вертикали равноускоренно с отрицательным ускорением.}$$

Искомым в этой задаче будет то значение  $x=L$ , при котором  $y=0$ .

Дано:  $v_0$  - начальная скорость (м/с)

$\alpha$  - угол бросания (радианы)

Найти:  $L$  - дальность полета (м).

Связь:  $L = v_x t$  - дальность полета,

$$0 = v_y t - \frac{gt^2}{2} \quad - \text{точка падения}$$

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha \quad - \text{горизонтальная проекция вектора скорости}$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha \quad - \text{вертикальная проекция вектора скорости}$$

$$g=9,81 \quad - \text{ускорение свободного падения}$$

При:  $v_0 > 0$ ,  $0 < \alpha < \pi/2$

Подставляем в формулу (1) значение  $v_y$ . Получаем уравнение:

$v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - gt^2/2=0$ . Чтобы решить это уравнение выразим из формулы  $x = v_x t$  переменную  $t$ :  $t=x/(v_0 \cdot \cos \alpha)$ . Подставив это значение в уравнение, получаем решение:  $2v_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha = g \cdot L$ . Дальность полета равна:  $L=(v_0^2 \cdot \sin 2\alpha)/g$ , т. е. зависит от начальной скорости и угла наклона.

## 2. Компьютерный эксперимент.

Для моделирования будем использовать среду электронной таблицы.

**а) Выяснить, как зависит дальность полета от угла броска.**

	<b>А</b>	<b>В</b>	
<b>1</b>	<b>Задача о полете тела , брошенного под углом к горизонту (а)</b>		
<b>2</b>	Исходные данные		
<b>3</b>	Начальная скорость	60	
<b>4</b>	Угол бросания	15	
<b>5</b>	Шаг увеличения угла	15	
	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
<b>6</b>	<b>Расчет</b>		
<b>7</b>	<b>Промежуточные расчеты</b>		<b>Результаты</b>
<b>8</b>	Угол бросания	Начальная скорость	Дальность полета
<b>9</b>	15	60	$= (v_0^2 \cdot \sin(2 \cdot A9 \cdot \pi / 180)) / g$
<b>10</b>	$=A9 + B5$	Заполнить вниз	Заполнить вниз
<b>11</b>	Заполнить вниз		

Исходные данные		
Начальная скорость	60	
Угол бросания	15	
Шаг увеличения угла	15	
<i>Расчет</i>		
<i>Промежуточные результаты</i>		<i>Результаты</i>
Угол бросания	Начальная Скорость	Дальность полета
15	60	183,40187
30	60	317,71003
45	60	366,97236
60	60	318,00213
75	60	183,90787

**Выводы:**

С увеличением угла бросания от  $15^{\circ}$  до  $45^{\circ}$  и постоянной скорости полета дальность полета увеличивается;

С увеличением угла бросания от  $45^{\circ}$  до  $90^{\circ}$  и постоянной скорости полета дальность полета уменьшается.

**б) Выяснить, как зависит дальность полета от угла броска на Луне ( $g=1,63$  м/с) (Файл «Задачи к урокам, лист «Дальность полета на Луне»).**

Как зависит дальность полета от угла броска на Луне		
Исходные данные		
Начальная скорость	60	
Угол бросания	15	
Шаг увеличения угла	15	
<i>Расчет</i>		
<i>Промежуточные результаты</i>		<i>Результаты</i>
Угол бросания	Начальная скорость	Дальность полета
15	60	1103,7867
30	60	1912,1076
45	60	2208,5883
60	60	1913,8656
75	60	1106,8321

**Выводы:**

Дальность полета больше, чем на Земле;

С увеличением угла бросания от  $15^{\circ}$  до  $45^{\circ}$  дальность полета увеличивается;

С увеличением угла бросания от  $45^{\circ}$  до  $90^{\circ}$  дальность полета уменьшается.

**В) Выяснить, при каком угле броска тело улетит на наибольшее расстояние.**

Необходимо определить угол броска от  $30^\circ$  до  $70^\circ$ , при котором дальность полета тела будет наибольшей. Какое при этом будет время полета?

	<b>А</b>	<b>В</b>
<b>1</b>	<b>Задача о полете тела , брошенного под углом к горизонту (в)</b>	
<b>2</b>	Исходные данные	
<b>3</b>	Начальная скорость	15
<b>4</b>	Угол бросания	30
<b>5</b>	Шаг увеличения Угла	5

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
<b>6</b>	<b>Расчет</b>		
<b>7</b>	<b>Промежуточные расчеты</b>		<b>Результаты</b>
<b>8</b>	Угол бросания	Начальная скорость	Дальность полета
<b>9</b>	30	15	$=($B$9^2 * SIN(2 * A9 * 3,14/180))/9,81$
<b>10</b>	$=A9 + $B$5$	Заполнить вниз	Заполнить вниз
<b>11</b>	Заполнить вниз		

<b>Задача о полете тела, брошенного под углом к горизонту</b>			
Исходные данные			
Начальная скорость		15	
Угол бросания		30	
Шаг увеличения угла		5	
<b>Расчет</b>			
<b>Промежуточные результаты</b>		<b>Результаты</b>	
Угол бросания	Начальная скорость	Дальность полета	Время Полета
30	15	19,856877	
35	15	21,54772	
40	15	22,584509	
45	15	22,935773	
<b>50</b>	<b>15</b>	<b>22,590849</b>	
55	15	21,560208	
60	15	19,875133	
65	15	17,586773	
70	15	14,764588	
<b>Наибольшее расстояние</b>		<b>22,935773</b>	<b>1,529052</b>

**Выводы:**

- Наибольшее расстояние пролетит тело при начальной скорости 15 м/с, когда угол броска будет  $50^\circ$
- Время полета при этом 1,52 с.

**Контрольные вопросы:**

- 1 Перечислите основные этапы моделирования.
- 2 Что такое формализация, какую роль она играет при моделировании.
- 3 С чего начинается разработка компьютерной модели?
- 4 Какие этапы включает в себя компьютерный эксперимент?
- 5 Что представляет собой математическая модель движения тела, брошенного под углом к горизонту?

## Тема 1.4 Компьютерное математическое моделирование

### Практическое занятие 2 Генерация псевдослучайных последовательностей

#### 1 Теоретическая часть

В основе многих методов имитационного моделирования лежит генерация случайных чисел, которые должны быть равномерно распределены в интервале (0; 1).

Если генератор выдает числа, смещенные в какую-то часть интервала (одни числа выпадают чаще других), то результат решения задачи, решаемой статистическим методом, может оказаться неверным. Поэтому проблема использования хорошего генератора действительно случайных и действительно равномерно распределенных чисел стоит очень остро.

Генераторы случайных чисел по способу получения чисел делятся на:  
 физические;  
 табличные;  
 алгоритмические.

##### *Физические ГСЧ*

Примером физических ГСЧ могут служить: монета («орел» — 1, «решка» — 0); игральные кости; поделенный на секторы с цифрами барабан со стрелкой; аппаратный генератор шума (ГШ), в качестве которого используют шумящее тепловое устройство, например, транзистор.

##### *Табличные ГСЧ*

Табличные ГСЧ в качестве источника случайных чисел используют специальным образом составленные таблицы, содержащие проверенные некоррелированные, то есть никак не зависящие друг от друга, цифры. В таблице 1 приведен небольшой фрагмент такой таблицы. Обходя таблицу слева направо сверху вниз, можно получать равномерно распределенные от 0 до 1 случайные числа с нужным числом знаков после запятой (в нашем примере мы используем для каждого числа по три знака). Так как цифры в таблице не зависят друг от друга, то таблицу можно обходить разными способами, например, сверху вниз, или справа налево, или, скажем, можно выбирать цифры, находящиеся на четных позициях.

Таблица 1

Случайные числа	Равномерно распределенные от 0 до 1 случайные числа
	0.929
	0.204
	0.269

Достоинство данного метода в том, что он дает действительно случайные числа, так как таблица содержит проверенные некоррелированные цифры. Недостатки метода: для хранения большого количества цифр требуется много

памяти; большие трудности порождения и проверки такого рода таблиц, повторы при использовании таблицы уже не гарантируют случайности числовой последовательности, а значит, и надежности результата.

### *Алгоритмические ГСЧ*

Числа, генерируемые с помощью этих ГСЧ, всегда являются псевдослучайными (или квазислучайными), то есть каждое последующее сгенерированное число зависит от предыдущего:

$$r_{i+1} = f(r_i)$$

Достоинством данных ГСЧ является быстроедействие; генераторы практически не требуют ресурсов памяти, компактны. Недостатки: числа нельзя в полной мере назвать случайными, поскольку между ними имеется зависимость, а также наличие периодов в последовательности квазислучайных чисел.

Приведем несколько алгоритмических методов получения ГСЧ:

- метод серединных квадратов;
- линейный конгруэнтный метод.

### МЕТОД СРЕДИННЫХ КВАДРАТОВ

Одним из первых программных ГСЧ является метод срединных квадратов, предложенный в 1946 г. Дж. фон Нейманом. Этот ГСЧ формирует следующий элемент последовательности на основе предыдущего путем возведения его в квадрат и выделения средних цифр полученного числа.

Метод используется для генерации  $k$ -разрядных псевдослучайных чисел. Должно быть задано  $k$ -разрядное начальное число  $x_0$  (для удобства полагаем, что  $k$  четно). Это число возводится в квадрат и получается число  $y$ . Число  $y$  должно иметь  $2k$  разрядов. Если число разрядов меньше, чем  $2k$ , то число  $y$  дополняется слева нулями. Затем в  $y$  выделяют средние  $k$  разрядов, которые дают новое случайное число. Десятичная точка помещается перед первым разрядом число  $x_i$  до поступления его на выход случайного генератора.

Пусть имеется  $k$ -разрядное число, меньше 1:

$$x_i = 0, a_1 a_2 \dots a_k.$$

Возведем его в квадрат:

$$y = x_i^2 = 0, b_1 b_2 \dots b_{2k},$$

затем отберем средние  $k$  разрядов

$$x_{i+1} = 0, b_{k/2+1} b_{k/2+2} \dots b_k,$$

которые будут являться очередным числом псевдослучайной последовательности.

Например, если начальное число

$$x_0 = 0,2152, \text{ то}$$

$$(x_0)^2 = 0,04631104, \text{ т.е.}$$

$$x_1 = 0,6311, \text{ затем}$$

$$(x_1)^2 = 0,39828721, \text{ т.е.}$$

$$x_2 = 0,8287, \text{ и т.д.}$$



## ЛИНЕЙНЫЙ КОНГРУЭНТНЫЙ МЕТОД

Метод используется для генерации последовательности

$$x_1, x_2, \dots, x_m.$$

из  $m$  псевдослучайных чисел. Должны быть заданы следующие входные значения:

$b$  – целочисленный множитель,  $b \geq 1$

$x_0$  – начальное «необработанное» случайное целое число  $x_0 \geq 1$

$k$  – шаг,  $k \geq 0$ , целое

$m$  – целочисленный модуль,  $m \geq x_0, b, k$

$$x_{i+1} = (bx_i + k) \bmod m$$

Например, необходимо получить три случайных числа линейным конгруэнтным методом.

$$x_0 = 27; b = 5; k = 10; m = 40;$$

$$x_1 = (5 \cdot 27 + 10) \bmod 40 = 145 \bmod 40 = 25;$$

$$x_2 = (5 \cdot 25 + 10) \bmod 40 = 135 \bmod 40 = 15;$$

$$x_3 = (5 \cdot 15 + 10) \bmod 40 = 85 \bmod 40 = 5$$

## 2 Практическая часть

**Задача 1.** Получить три случайных числа методом срединных квадратов:  
 $k = 4; x_0 = 0,3167$ .

*Решение.*

$$k = 4; x_0 = 0,3167 \quad y = (x_0)^2 = 10029889$$

$$x_1 = 0,0298; y = 00088804$$

$$x_2 = 0,0888; y = 00788544$$

$$x_3 = 0,7885; y = 00788544$$

**Задача 2.**

Для  $k = 4; x_0 = 2134$  определить первые десять псевдослучайных чисел, выработанные алгоритмом срединных квадратов:

*Решение.*

$(x_0)^2 = 04\ 5539\ 56$	$x_1 = 0,5539$
$(x_1)^2 = 30\ 6805\ 21$	$x_2 = 0,6805$
$(x_2)^2 = 46\ 3080\ 25$	$x_3 = 0,3080$
$(x_3)^2 = 09\ 4864\ 00$	$x_4 = 0,4864$
$(x_4)^2 = 23\ 6584\ 96$	$x_5 = 0,6584$
$(x_5)^2 = 43\ 3490\ 56$	$x_6 = 0,3490$
$(x_6)^2 = 12\ 1801\ 00$	$x_7 = 0,1801$
$(x_7)^2 = 03\ 2436\ 01$	$x_8 = 0,2436$
$(x_8)^2 = 05\ 9340\ 96$	$x_9 = 0,6340$
$(x_9)^2 = 87\ 2356\ 00$	$x_{10} = 0,2356$

**Задача 3.** Сгенерировать псевдослучайную последовательность (ПСП) из 8-ми чисел линейным конгруэнтным методом при следующих входных параметрах:

$$k = 0; m = 2^{10}; b = 101; x_0 = 432$$

*Решение.*

$x_1 = 624$	$y_1 = 624/1024=0,610$
$x_2 = 560$	$y_2 = 560/1024=0,546$
$x_3 = 240$	$y_3 = 240/1024=0,234$
$x_4 = 688$	$y_4 = 688/1024=0,673$
$x_5 = 880$	$y_5 = 880/1024=0,859$
$x_6 = 816$	$y_6 = 816/1024=0,796$
$x_7 = 496$	$y_7 = 496/1024=0,486$
$x_8 = 944$	$y_8 = 944/1024=0,923$

### 3 Задания для самостоятельной работы

#### Задание 1.

Определить первые десять псевдослучайных чисел, выработанные алгоритмом срединных квадратов, при следующих входных параметрах:

а)  $k = 10; x_0 = 5772156649;$

б)  $k = 8; x_0 = 47252431;$

в)  $k = 4; x_0 = 8526;$

г)  $k = 10; x_0 = 3458544186.$

д)  $k = 6; x_0 = 621438.$

#### Задание 2.

Сгенерировать псевдослучайную последовательность (ПСП) из 10-и чисел линейным конгруэнтным методом при следующих входных параметрах:

а)  $k = 10; m = 2^{11}; b = 102; x_0 = 547;$

б)  $k = 100; m = 2^{10}; b = 111; x_0 = 326;$

в)  $k = 200; m = 2^{12}; b = 201; x_0 = 489;$

г)  $k = 0; m = 2^{10}; b = 303; x_0 = 654;$

д)  $k = 20; m = 2^{12}; b = 115; x_0 = 743$

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
Технический колледж имени С.И. Мосина



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по выполнению практических работ**

**по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**


специальностей СПО

09.02.03 Программирование в компьютерных системах  
(углубленная подготовка)

09.02.01 Компьютерные системы и комплексы

15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств

Тула 2020

**Утверждено**  
на заседании цикловой комиссии  
общепрофессиональных дисциплин  
Протокол от «14 января 2020 г. № 5»  
Председатель цикловой комиссии  
 А.Я. Овчинникова

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАБОЧЕГО МЕСТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА МЕТОДОМ СОМАТОГРАФИИ

#### 1. Цель и задачи работы

*Цель работы:* выполнить эргономическую оценку организации рабочего места оператора системы СЧМ с точки зрения её соответствия антропометрическим характеристикам человека методом соматограмм.

*Задачи работы:* на примере рабочего места пользователя персонального компьютера научиться строить соматограммы рабочего места, оценивать соответствие организации рабочего места требованиям эргономики, разрабатывать рекомендации по улучшению эргономических показателей рабочего места.

#### 2. Общие положения (теоретические сведения)

*Соматография* – это технико-антропометрический анализ статики и динамики рабочих поз человека, заключающийся в совместном изображении человеческого тела и элементов технического устройства в ортогональных плоскостях методами технического черчения.

Под рабочей позой понимается расположение кинематических звеньев тела в рабочем пространстве в ходе выполнения операций контроля и управления. Рабочая поза зависит от размещения средств контроля и управления относительно оператора и в этой связи может быть удобной или неудобной. Степень удобства рабочей позы определяется соматическими и биомеханическими возможностями человека при данном размещении названных средств. И наоборот, удобное размещение средств контроля и управления определяет правильную рабочую позу. В этой связи существенной характеристикой рабочего места является сенсомоторная доступность (достижимость) средств контроля и управления зрительному (слуховому) восприятию и моторным воздействиям оператора. Оценка сенсомоторной доступности в разных рабочих позах определяет удобство этих поз, а также удобство размещения средств на рабочем месте. Таким образом, *соматография имеет целью охарактеризовать рабочие позы совместно с размещением средств контроля и управления на рабочем месте как удобные или неудобные путем оценки сенсомоторной достижимости этих средств.*

Основным приемом соматографии является схематическое изображение человеческого тела совместно со средствами и орудиями труда (индикаторы, органы управления, пульта, табло) в виде проекций рабочего пространства на ортогональные плоскости (вид сбоку, сверху, сзади). Такие изображения называются соматограммами. Соматограмма может отображать отдельную рабочую позу в статике или несколько рабочих поз в динамике.

При схематизации человеческого тела используют объемные и палочковые муляжи. Объемные муляжи необходимы при соматографии оператора в специальной рабочей одежде. Палочковые муляжи достаточный в остальных случаях, причем вместо муляжа, обычно используют его схему на соматограмме. Палочковую схему тела человека строят из элементов, изображенных на рис. 1, в масштабе 1:10. Размеры элементов палочковой схемы человека для отечественной популяции представлены в табл. 1, где понятиям низкий, средний, высокий соответствует рост, см:

	низкий	средний	высокий
мужчины	156	168	180
женщины	145	156	168

Требования к рабочему месту пользователя персонального компьютера (ПЭВМ) с учетом критерия сенсомоторной досягаемости средств контроля и управления установлены нормативным документом СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, основные из которых приведены ниже.

*Требования СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03  
к рабочему месту пользователя ПЭВМ*

высота стола .....	680-800 мм
размеры столешницы .....	1400*800 мм
высота свободного пространства для ног .....	не менее 600 мм
ширина свободного пространства для ног .....	не менее 500 мм
глубина свободного пространства для ног .....	не менее 650 мм
высота поверхности сидения стула .....	400-550 мм
ширина сидения стула .....	не менее 400 мм
глубина сидения стула .....	не менее 400 мм
высота опорной поверхности спинки стула .....	не менее 300 мм
ширина опорной поверхности спинки стула .....	не менее 380 мм
угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +/- 30 градусов	

Экран ВДТ должен располагаться в пределах 600-800 мм от глаз пользователя, а уровень верхней кромки экрана ВДТ – на уровне лба.

Угол наклона клавиатуры должен регулироваться в пределах, позволяющих кистям рук находиться в плоскости, параллельной столешнице.

Расстояние от края столешницы до оси тела человека должно быть не менее 150-200 мм.

Рабочий стул должен быть снабжен подъемно - поворотным устройством, обеспечивающим регулицию высоты сидения и спинки. Его конструкция должна предусматривать также изменение угла наклона спинки и наличие подлокотников. Конструкция спинки стула должна быть такой, чтобы поддерживать спину пользователя.

На рабочем месте необходимо предусматривать подставку для ног на случай, если высота стула не позволяет доставать ногами пол. Его высота – 50-150 мм.

Желательно соблюдать также углы между частями тела пользователя, которые должны быть близкими к 90 градусам.

В настоящее время на практике реализуются несколько вариантов рабочих мест, оборудованных ПЭВМ. В работе предлагаются два из них: специализированное типовое рабочее место оператора с выдвижной клавиатурой и рабочее место на базе обычной офисной мебели. На рис. 2 – 5 приведены соматограммы рабочего места пользователя (\* отмечены элементы, размеры которых могут существенно варьировать в зависимости от используемых элементов рабочего места).

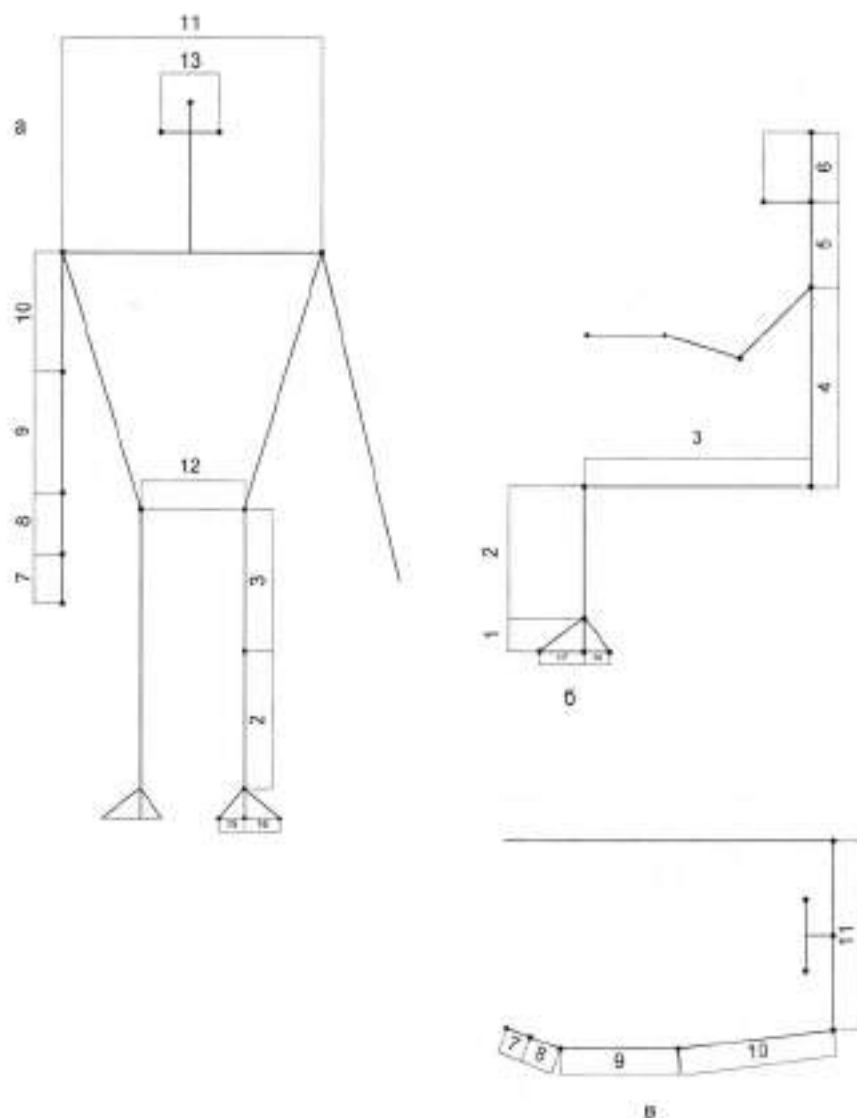


Рис. 1. Соматограмма человека при использовании палочковой схемы:

а – поза стоя, вид спереди;

б – поза сидя, вид сбоку;

в – поза стоя, вид сверху.

(цифры 1-19 расшифрованы в табл. 1)

Таблица 1

## Размеры элементов палочковых схем человека

Номер на рисунке	Название элемента	Усредненные размеры, мм					
		для мужчин			для женщин		
		низ.	ср.	выс.	низ.	ср.	выс.
1	Высота ступени	64	71	78	59	65	71
2	Длина голени	344	380	416	306	340	374
3	Длина бедра	407	450	493	388	430	472
4	Длина выпрямленного корпуса	448	472	496	424	446	464
5	Расстояние от плечевой точки до уровня глаз	180	184	192	171	177	183
6	Расстояние от уровня глаз до темени	118	121	124	105	109	113
7	Длина пальцев рук	85	94	103	81	90	99
8	Длина ладони	82	90	98	79	87	95
9	Длина предплечья	227	250	273	210	230	250
10	Длина плеча	290	320	350	265	290	315
11	Расстояние между плечевыми точками	343	379	415	318	349	380
12	Расстояние между тазобедренными точками	164	175	188	160	170	185
13	Расстояние между глазами	57	64	71	57	64	71
14	Расстояние от оси тела до глаз	79	84	89	69	76	84
15	Расстояние от оси ноги до внутренней стороны ступни	34	37	40	30	34	38
16	Расстояние от оси ноги до внешней стороны ступни	55	60	67	49	57	63
17	Расстояние от проекции лодыжки до носка	187	198	209	140	155	170
18	Расстояние от проекции лодыжки до пятки	54	56	62	40	45	50
19	Расстояние от тазобедренной точки до сиденья	84	114	144	82	114	146

### 3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия

Объект исследования - специализированное рабочее место человека-оператора.

Оборудование, материалы – измерительный инструмент (сантиметр) для замера антропометрических параметров тела человека и основных размерных показателей рабочего места.

### 4. Задание на работу (рабочее задание)

Провести эргономическое проектирование рабочего места, оборудованного ПЭВМ, в соответствии с исходными данными, представленными в табл. 2.

Антропометрические параметры тела человека принимаются по табл. 1.

Размеры элементов рабочего места принимаются по табл. 3.



5. Ход работы (порядок выполнения работы)

1. Для заданного преподавателем варианта выполнить постановку задачи.
2. Построить в масштабе 1:10
  - а) соматограмму рабочего места пользователя ПЭВМ;
  - б) наложить на полученную соматограмму другим цветом соматограмму человека.

3. Проанализировать соответствие параметров рабочего места антропометрическим характеристикам человека-пользователя и сделать заключение о выполнении эргономических требований при предложенной компоновке рабочего места.

Размеры элементов рабочего места следует считать соответствующими требованиям, если отклонение не превышает 10% от рекомендуемого значения.

4. В случае несоответствия рабочего места пользователя ПЭВМ эргономическим требованиям рекомендовать необходимые изменения в его организации.

*Будьте внимательны!!! Не забывайте, что изменение размеров одних элементов рабочего места может повлечь за собой изменение размеров других элементов.*

5. Построить в масштабе 1:10 новую совмещенную соматограмму рабочего места и человека с учетом рекомендованных изменений. Показать, что предложенный вариант отвечает перечисленным выше требованиям к рабочему месту пользователя ПЭВМ.

Таблица 2

Варианты заданий

Номер варианта	Оператор		Размеры стола, мм в д ш	Сиденье		Расположение клавиатуры
	Пол	рост		Тип	высота, мм	
1	ж	в	680*1000*800	кресло вр.	400	на столе
2	м	с	750*1300*900	табурет вр.	300	на столе
3	м	в	710*1400*800	стул	380	выдвижная
4	ж	н	700*1700*700	кресло	450	на столе
5	ж	с	740*1300*600	кресло вр.	400	выдвижная
6	м	н	690*1400*700	стул	430	на столе
7	м	с	670*1600*600	табурет	460	выдвижная
8	ж	в	750*1700*900	кресло	390	на столе
9	м	в	680*1400*650	стул	420	на столе
10	м	н	730*1000*500	кресло вр.	400	на столе
11	ж	в	700*1700*700	стул	430	выдвижная
12	ж	н	750*1300*900	кресло вр.	360	на столе
13	м	в	680*1000*800	стул	380	на столе
14	ж	с	690*1400*700	кресло	390	выдвижная
15	м	н	740*1300*600	табурет	420	на столе
16	ж	в	730*1000*500	кресло	450	на столе
17	ж	н	750*1700*900	стул	400	выдвижная

Номер варианта	Оператор		Размеры стола, мм в д ш	Сиденье		Расположение клавиатуры
	Пол	рост		Тип	высота, мм	
18	м	с	710*1500*550	стул	430	выдвижная
19	м	в	670*1600*600	табурет	460	на столе
20	ж	в	700*1700*700	кресло вр.	400	на столе
21	ж	н	670*1600*600	табурет	460	на столе
22	м	н	700*1700*700	стул	430	выдвижная
23	ж	с	670*1600*600	табурет	420	выдвижная
24	м	в	730*1000*500	кресло	450	на столе
25	м	с	680*1000*800	стул	380	на столе

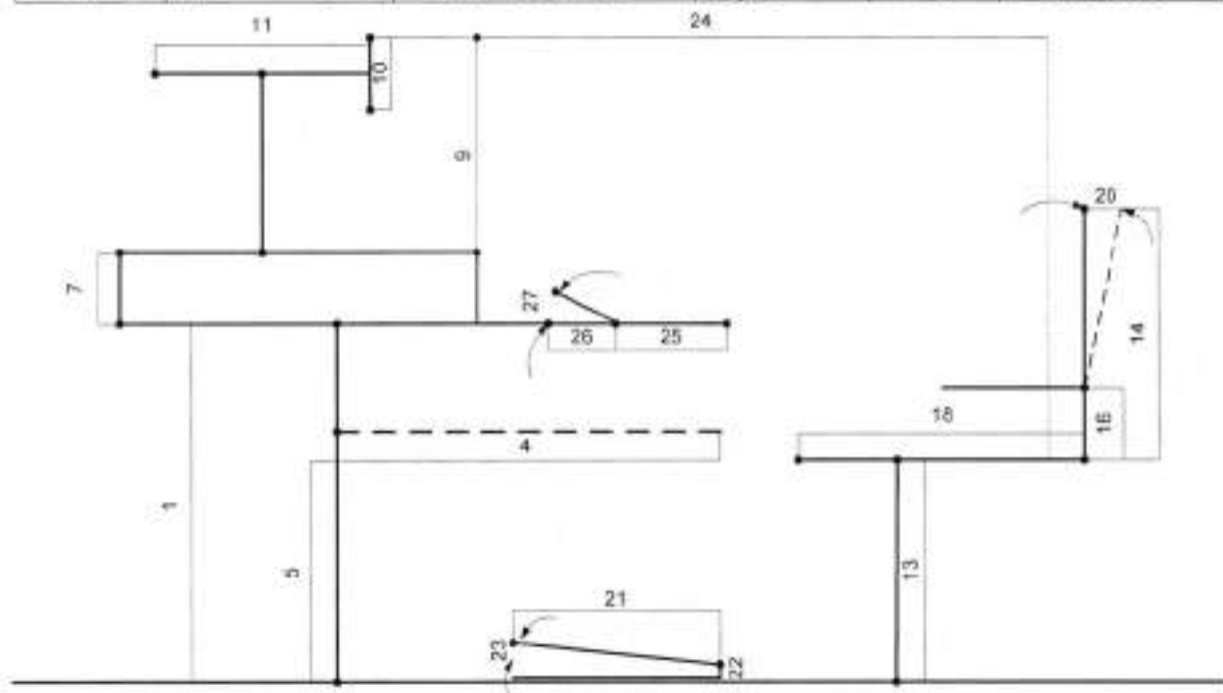


Рис. 2. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ  
(клавиатура на столе, вид сбоку)

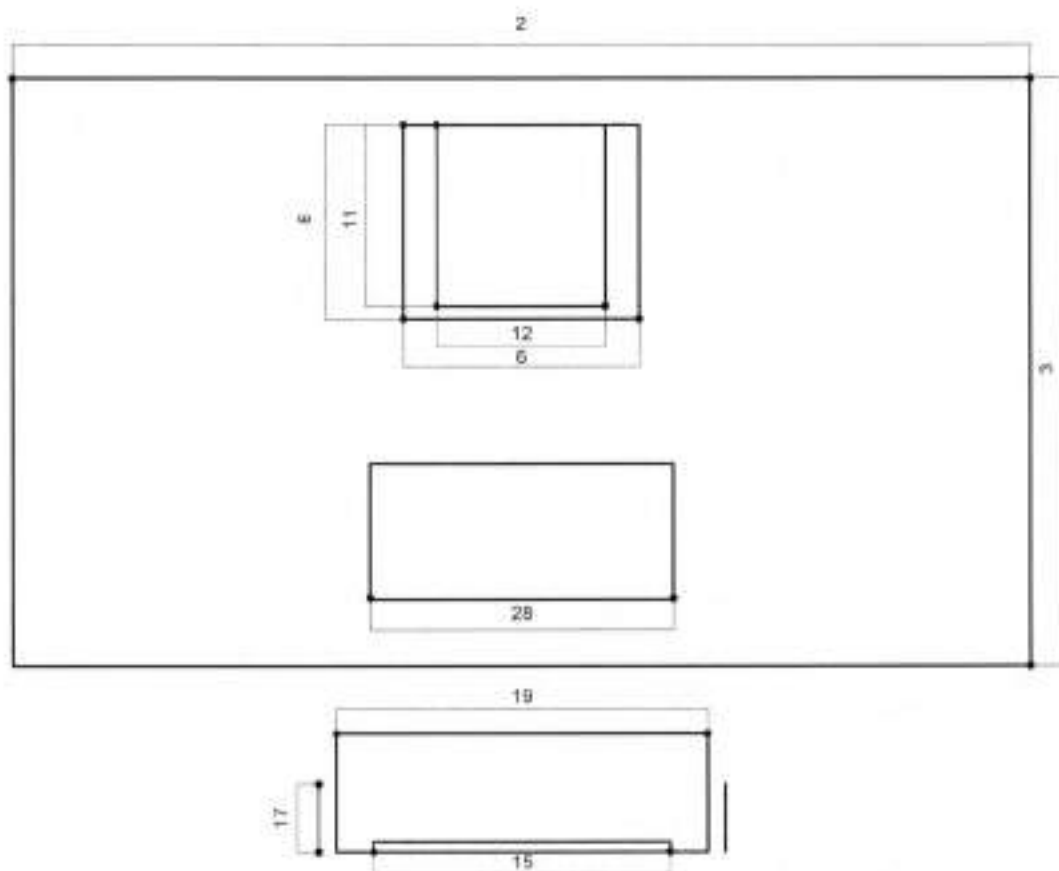


Рис. 3. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ (клавиатура на столе, вид сверху)

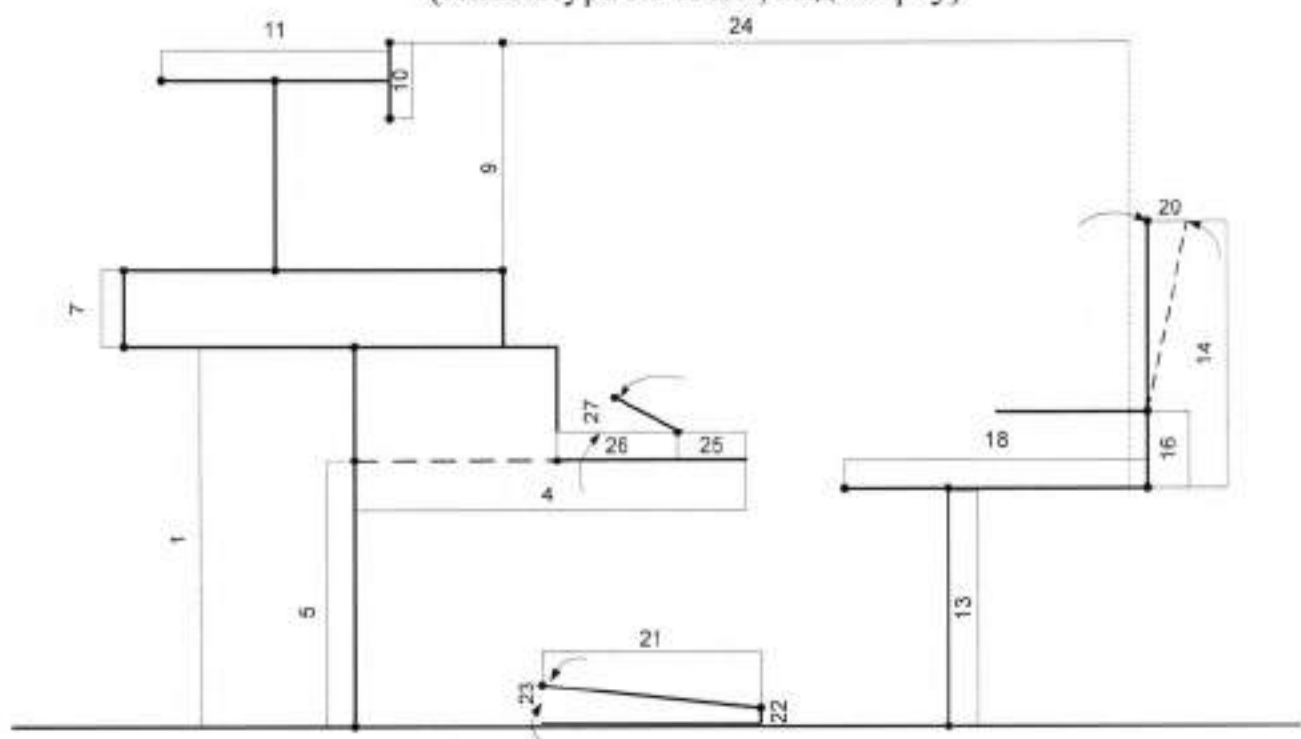


Рис. 4. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ (клавиатура выдвигаемая, вид сбоку)

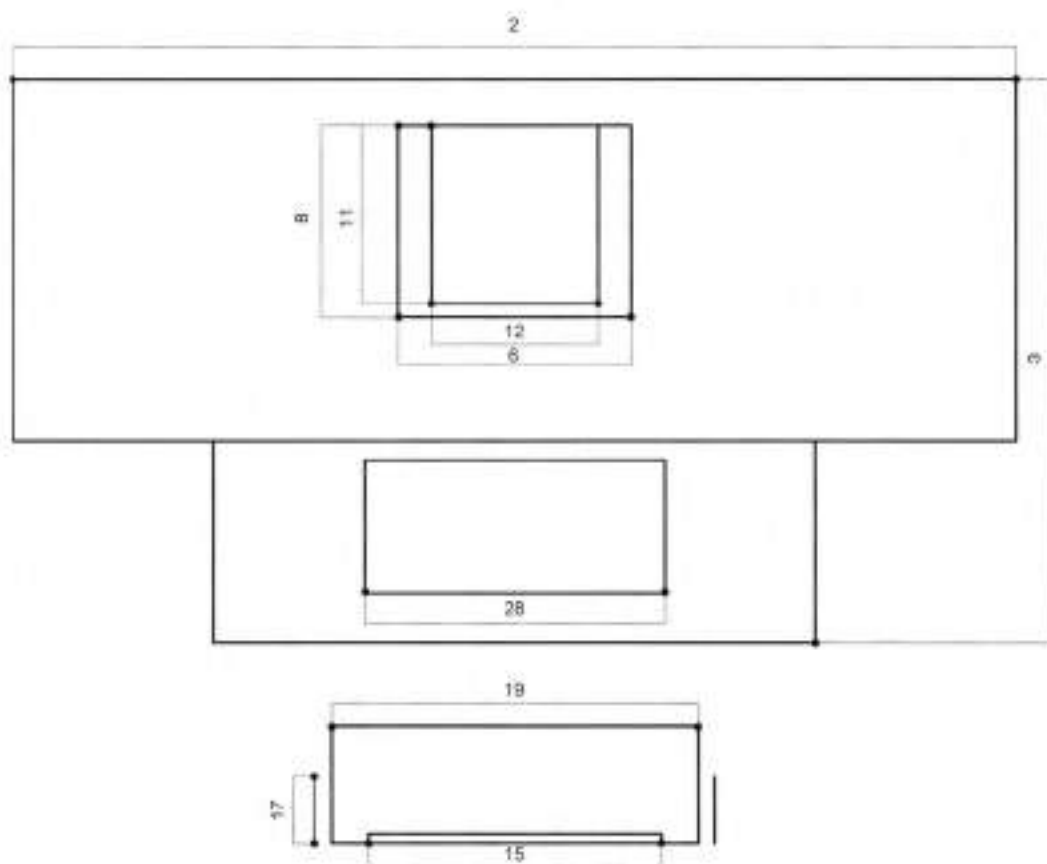


Рис. 5. Соматограмма рабочего места пользователя ПЭВМ  
(клавиатура выдвижная, вид сверху)

Таблица 3

Размеры элементов палочковых схем рабочего места  
пользователя ПЭВМ

Номер на рисунке	Название элемента	Размер, мм
1	Высота стола	720*
2	Длина столешницы	1600*
3	Ширина столешницы	900*
4	Глубина свободного пространства для ног	650
5	Высота свободного пространства для ног	600
6	Ширина системного блока	360
7	Высота системного блока	165
8	Длина системного блока	410
9	Высота монитора	360
10	Высота экрана монитора	220
11	Длина монитора	380
12	Ширина монитора	360
13	Высота поверхности сидения стула	450*

14	Высота спинки стула	400
15	Ширина спинки стула	380
16	Расстояние от сидения стула до подлокотника	210
17	Длина подлокотника	230
18	Глубина поверхности сидения стула	380
19	Ширина поверхности сидения стула	400
20	Угол наклона спинки стула, град.	10
21	Длина подставки для ног	300
22	Высота подставки для ног	50
23	Угол наклона подставки для ног, град.	10
24	Расстояние от экрана монитора до глаз человека	700
25	Расстояние от края стола до клавиатуры	150
26	Ширина клавиатуры	160
27	Угол наклона клавиатуры, град.	10
28	Длина клавиатуры	460
29	Высота выдвижной панели клавиатуры	100

## 5. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

название работы;

постановку задачи с исходными данными варианта;

совмещенную соматограмму рабочего места и человека в масштабе 1:10 для предложенного варианта рабочего места и выводы в соответствии его организации нормативным требованиям;

в случае выявленного несоответствия – рекомендации по изменению элементов рабочего места;

совмещенную соматограмму рабочего места и человека в масштабе 1:10 с учетом рекомендованных изменений и подтверждение (выделение цветом с проставлением размеров позиций 1,2,3,4,5,13,14,15,18,19,24 табл.2) соответствия рабочего места нормативным требованиям.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

**Цель работы:** ознакомиться с методами расчета искусственного освещения в рабочих помещениях, на строительных площадках, на рабочих местах.

#### 1. Основные теоретические сведения

При проектировании отдельных установок основное внимание уделяется созданию оптимальных условий для зрительной работы. С этой целью проводятся светотехнические расчеты, позволяющие определить рациональные световые решения в соответствии с действующими нормами и правилами.

Искусственное освещение проектируется общее (равномерное или локализованное) и комбинированное (к общему добавляется местное).

Для освещения помещений, как правило, предусматриваются газоразрядные лампы низкого давления (ЛД, ЛБ, ЛДЦ), лампы высокого давления (ДРЛ, металлогалогенные, натриевые). В случае невозможности или нецелесообразности применения газоразрядных ламп допускается применение ламп накаливания. Для освещения промышленных и строительных площадок, территорий населенных пунктов применяются прожектора заливающего света, газоразрядные лампы высокого давления.

При выборе типа ламп учитываются требования экономичности, безопасности обслуживания, правильности цветопередачи. Противопоказаниями для применения люминесцентных ламп являются увеличение высоты подвеса, усложнение доступа для обслуживания, температура окружающей среды. При наличии быстровращающихся деталей в светильниках местного освещения люминесцентные лампы не применяются во избежание стробоскопического эффекта.

Важным моментом проектирования искусственного освещения является выбор светильников, осуществляющих требуемое перераспределение светового потока лампы. Маркировка светильников включает в себя буквенные обозначения источников света, способа установки, основного назначения, мощности ламп и т. п.

Каждому светильнику за исключением светильников специального назначения и для установки на транспорте присваивается шифр. Структура шифра такова:

$$\boxed{1} \quad \boxed{2} \quad \boxed{3} \quad \boxed{4} - \boxed{5} \times \boxed{6} - \boxed{7} - \boxed{8},$$

где 1 – буква, обозначающая источник света, 2 – буква, обозначающая способ установки, 3 – буква, обозначающая основное назначение светильника, 4 – двузначное число, обозначающее номер серии, 5 – число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых число 1 не обозначается и знак X не ставится), 6 – число, обозначающее мощность ламп в ваттах, 7 – трехзначное число, обозначающее номер модификации, 8 – обозначение климатического исполнения.

Буквы, обозначающие источник света: Н – лампы накаливания, Л – люминесцентные трубчатые лампы, Р – лампы типа ДРЛ (ртутные лампы высокого давления). Буквы, обозначающие способ установки: С – подвесные, П – потолочные, В – встраиваемые в подвесные потолки, Б – настенные. Буквы, обозначающие основное применение светильника: П – для промышленных предприятий, У – для наружного освещения, О – для общественных зданий, Р – для рудников и шахт, В – для бытовых помещений.

При выборе светильника учитывается его класс. К классу прямого света (П) относятся светильники, у которых доля светового потока нижней полусферы превышает 80%. Эти светильники используются при большой высоте подвеса и для создания локализованного освещения. В светильниках преимущественно прямого света (Н) поток нижней полусферы составляет 60-80%, рассеянного света (Р) – 40-60%, преимущественно отраженного света (В) – 20-40%, отраженного света (О) – менее 20%.

Светильники классов П и Н имеют более высокий КПД потока нижней полусферы. Их применение при общем освещении позволяет получить более высокие значения коэффициента использования светового потока.

Направленность излучения светильников определяется кривой силы света (КСС). В соответствии с ГОСТ 17677-82 светильники делятся на группы с типовыми формами КСС. Типовые КСС обозначаются: М – равномерная, Д – косинусная, Г – глубокая, К – концентрированная, Л – полуширокая, Ш – широкая, С – синусная (рис. 1).

Во взрывоопасных помещениях применяются стационарные взрывозащищенные светильники двух исполнений: взрывонепроницаемые (с маркировкой “В”) – тип ВЗГ и повышенной надежности против взрыва (с маркировкой “Н”) – типы НОГЛ, НОДЛ.

Например, светильник НСП01×100/ДОЗ-01. Светильник с лампой накаливания (Н), подвесной (С), прямого света (П), мощность лампы 100 Вт. Светильник РСП01×125/ДОЗ-07 – светильник ртутный с лампами типа ДРЛ, подвесной, прямого света серии 01, с мощностью лампы 125 Вт.

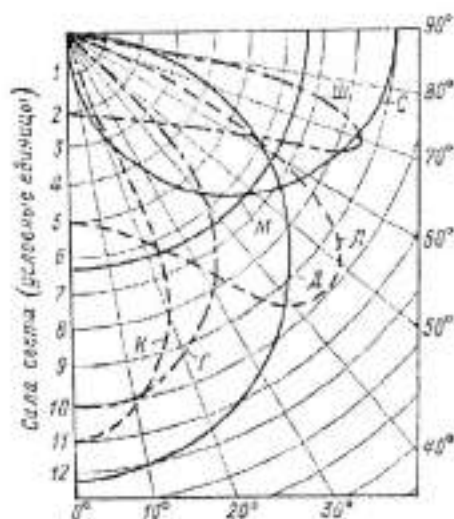


Рис. 1 Типовые кривые силы света

## 2. Выбор освещенности

Нормирование освещенности производится в люксах. Шкала нормированных значений освещенности выглядит так: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000.

Согласно СНИП 23–05–95 минимальные значения освещенности при искусственном освещении выбираются в зависимости от минимального размера объекта различения  $d$  (в мм) при расстоянии от предмета различения до глаз  $l$  менее 0,5 м или отношения  $d/l$  при  $l > 0,5$  м, контраста объекта различения с фоном, характеристики фона и системы освещения. Все зрительные работы разделяются на 8 разрядов. Разряды I–V и VIII разделяются на подразряды. В разряде VIII деление на подразряды обусловлено характером наблюдения за ходом технологического процесса: а) постоянное, б) периодическое при постоянном пребывании людей в помещении и в) периодическое при периодическом пребывании людей в помещении. В разрядах I–V деление на подразряды обусловлено сочетанием качественных характеристик контраста и фона. Минимальные значения освещенности принимаются по табл. 1.



Таблица 1

Минимальные значения освещенности при искусственном освещении  
по СНИП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения	Р	%
						сего	в том числе от общего освещения			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000 4500	500 500	—	20	10
				Малый	Средний	4000 3500	400 400	1250 1000	20 10	10 10
				Малый	Светлый	2500	300	750	20	10
				Средний	Средний	2000	200	600	10	10
				Большой	Темный	2000	200	600	10	10
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	—	20 10	10 10
				Малый	Средний	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10
				Малый	Светлый	2000	200	500	20	10
				Средний	Средний	1500	200	400	10	10
				Большой	Темный	1500	200	400	10	10
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15
				Малый	Средний	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15
				Малый	Светлый	750	200	300	40	15
				Средний	Средний	600	200	200	20	
				Большой	Темный	600	200	200	20	
			г	Средний	Светлый	400	200	200	40	
				Большой	Светлый					
				//	//					
				//	Средний					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Средней чности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20
			б	Малый	Средний	500	200	200	40	20
				Средний	Темный	500	200	200	40	20
			в	Малый	Светлый	400	200	200	40	20
Средний	Средний									
г	Средний	Большой	Светлый	//	-	-	200	40	20	
			Средний							
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20
			б	Малый	Средний	-	-	200	40	20
				Средний	Темный					
			в	Малый	Светлый	-	-	200	40	20
Средний	Средний									
г	Средний	Большой	Светлый	//	-	-	200	40	20	
			Средний							
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		-	-	200	40	20
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		-	-	200	40	20
Общее наблюдение за ходом производ-		VIII	а	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		-	-	200	40	20

ственного процесса: постоянное  периодическое при постоянном пребывании людей в помещении  периодическое при периодическом пребывании людей в помещении  общее наблюдение за инженерными коммуникациями		б	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта	–	–	75	40	20
		в	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта	–	–	50	–	–
		г	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта	–	–	20	–	–

При использовании ламп накаливания нормированное значение освещенности  $E_n$  следует снижать на одну ступень: в системах комбинированного освещения при  $E_n > 750$  лк, в системах общего освещения для разрядов I–V и VIII, при этом освещенность, создаваемая лампами накаливания, не должна превышать 300 лк. Для разрядов VI и VIII значения  $E_n$  снижаются на две ступени.

Величину  $E_n$  следует повышать на одну ступень:  
 если работа I–IV разрядов выполняется в течение полной смены;  
 при повышенной опасности травматизма;  
 при работе и производственном обучении подростков, если  $E_n < 300$  лк для систем общего пользования.

При работе со светящимися объектами размером менее 0,5 мм их следует относить к подразряду “в” соответствующих разрядов.

В системах комбинированного освещения доля общего освещения должна составлять не менее 10% от  $E_n$ . При этом значение максимальной и минимальной освещенности от светильников общего освещения должны составлять соответственно 750 и 150 лк для люминесцентных ламп, 300 и 50 лк – для ламп накаливания.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, определяется по табл. 2.

Таблица 2

Значения освещенности, создаваемой светильниками общего искусственного освещения в системе комбинированного освещения

Разряд зрительной работы	Освещенность, лк	
	при газоразрядных лампах	при лампах накаливания
Ia	600	300
Iб, IIa	500	300
Iв, IIб	400	300
Iг	200	150
IIв, IIIa	300	200
IIг, IIIб,		
IIIв, IIIг,		
IV, Va, Vб	200	100

### 3. Светотехнические расчеты

Светотехнические расчеты могут выполняться методами: методом коэффициента использования светового потока, точечным методом и др.

#### 3.1. Расчет общего освещения методом коэффициента использования светового потока

Коэффициент использования светового потока  $\eta$  равен отношению светового потока, падающего на расчетную поверхность, ко всему потоку осветительной установки. Он определяется геометрией помещения, коэффициентами отражения потолка  $\rho_n$ , стен  $\rho_c$ , расчетной поверхности  $\rho_r$ , типом КСС источника света.

Геометрия помещения учитывается индексом помещения

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – длина и ширина помещения, м;

$h$  – расчетная высота (высота подвеса над расчетной поверхностью), м.

При расчете общего освещения следует выбрать тип КСС светильника, размещение по площади потолка и общее количество светильников (ламп). При большой расчетной высоте и малых значениях  $\rho_n$  и  $\rho_c$  следует отдавать предпочтение КСС типа Г, К и Д. Для малых высот предпочтительнее светильники с КСС типа М и Л, создающие более равномерное освещение. Учитывая требования равномерности освещения, размещать светильники необходимо исходя из значений предельных отношений  $l/h$ , где  $l$  – расстояние между светильниками. Максимально допустимые значения  $l/h$  приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры КСС и относительного расположения светильников									
Тип КСС	М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	К-1	К-2
$I_0$	159,2	233,4	333,5	377,3	503,0	670,7	894	1192	1583
$\eta$	0	0,78	1,04	1,10	1,29	1,51	1,76	2,04	2,37
$l/h$	1,4	1,3	0,96	0,91	0,77	0,66	0,57	0,49	0,42

Значение коэффициентов использования в зависимости от характеристик помещения приведены в табл. 4.

Необходимый поток каждого светильника (лампы) определяется по формуле

$$\Phi = \frac{100 E S K_3 z}{N \eta}, \quad (2)$$

где  $E$  – нормативное значение освещенности, определяемое по табл. 1, 2;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий снижение светового потока за счет запыленности светильника;

$z$  – коэффициент неравномерности ( $E_{cp}/E_{min}$ );

$N$  – число светильников (ламп);

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Величину  $z$  принимают равной 1,1 для люминесцентных ламп и 1,5 для ламп накаливания и ДРЛ. Величина  $K_3$  для светильников с люминесцентными лампами выбирается равной 1,7 для литейного и плавильного производства, ковочных и полировочных изделий, 1,6 – для гальванических и модельных отделений, 1,5 – для цехов обработки металлов резанием, слесарных и разметочных отделений, 1,8 – для сварочных и окрасочных отделений.

Значения  $K_3$  для светильников с лампами накаливания и ДРЛ снижают на 0,2 по сравнению с вышеуказанными значениями.

При выборе освещенности к разряду Iв следует относить разметочные отделения, IIб – полировальные работы, IIIа – слесарные и модельные отделения, сборочные цеха, IIб – литейные цеха, IIIв – малярные отделения, IIIг – заготовительные отделения, IVа – плавильные отделения, IVв – диспетчерские пульты.

Рассчитав по формуле (2) световой поток лампы, в приложении 1, 2 выбирают ближайшую стандартную лампу. Допускается отклонение потока выбран-

ной лампы от расчетного до  $-10\%$  и  $+20\%$ . В противном случае необходимо изменить планировку светильников. Определив тип лампы и ее мощность, в приложении 3-5 выбирают тип светильника. Для люминесцентных ламп общий поток светильника выбирается с учетом количества ламп. При выборе типа светильника необходимо учитывать требования их взрывоопасности.

Таблица 4

Значения коэффициентов использования светового потока в процентах

$\rho_{\text{н}}$	$\rho_{\text{с}}$	$\rho_{\text{р}}$	$i$	Тип КСС								
				М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	К-1	К-2
0,7	0,5	0,3	0,6	35	36	44	49	58	64	70	74	75
			0,8	50	50	52	60	68	74	77	83	84
			1,25	61	58	68	75	82	85	84	90	95
			2	73	72	84	90	96	95	90	96	104
			3	83	81	93	101	102	100	94	100	108
5	95	90	103	106	109	105	99	106	115			
0,7	0,3	0,1	0,6	26	28	33	42	48	57	62	65	67
			0,8	36	40	43	52	60	66	69	73	75
			1,25	46	49	56	69	73	76	76	81	84
			2	56	59	74	78	84	84	81	86	93
			3	67	68	80	73	90	83	84	89	97
5	80	74	46	76	94	91	85	90	100			
0,5	0,5	0,3	0,6	32	36	42	45	55	63	68	70	72
			0,8	45	48	51	56	66	72	73	78	80
			1,25	55	57	65	65	80	83	81	86	91
			2	67	66	71	78	92	91	87	92	99
			3	74	76	90	76	98	96	91	96	103
5	84	85	85	84	103	100	94	100	108			
0,5	0,3	0,1	0,6	23	27	33	41	48	57	62	64	68
			0,8	36	40	42	48	58	65	68	73	74
			1,25	45	48	52	64	72	75	74	80	84
			2	56	55	69	76	83	83	81	86	92
			3	65	65	75	70	86	86	83	88	93
5	75	73	86	88	93	90	85	90	99			
0,3	0,1	0,1	0,6	17	27	28	35	43	53	61	62	68
			0,8	29	35	36	45	54	62	65	71	72
			1,25	38	42	48	60	68	73	72	77	80
			2	46	52	63	73	79	80	78	83	89
			3	58	61	75	68	85	84	81	86	93
5	67	68	81	77	90	86	83	88	97			

### 3.3. Точечный метод.

Точечный метод применяется для расчета общего, местного и наружного освещения. освещенность точки может быть определена по формуле:

$$E = \frac{I_a \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (5)$$

где  $I_a$  – сила света в направлении луча,

$\cos \alpha$  – косинус угла наклона направления луча.

Выражение в числителе может рассматриваться как самостоятельная функция и при значениях высоты подвеса светильника  $h=1$  м можно получить освещенность на условной плоскости, отстоящей от светильника на 1 м (рис. 4, 5). Если принять начальную силу света  $I_0=100$  кд, то можно построить график условной горизонтальной освещенности для целого ряда светильников с различными типовыми КСС. Значения  $I_0$ ,  $h$ ,  $1/h$  для типовых КСС приведены в табл. 3.

Суммарное действие ближайших светильников создает в контрольной точке освещенность  $\sum \varepsilon$ . Действие остальных источников света учитывается коэффициентом  $\mu=1,1 \dots 1,2$ . Тогда для получения в данной точке заданной освещенности  $E$  световой поток каждого светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{1000 E K_1}{\mu \sum \varepsilon}. \quad (6)$$

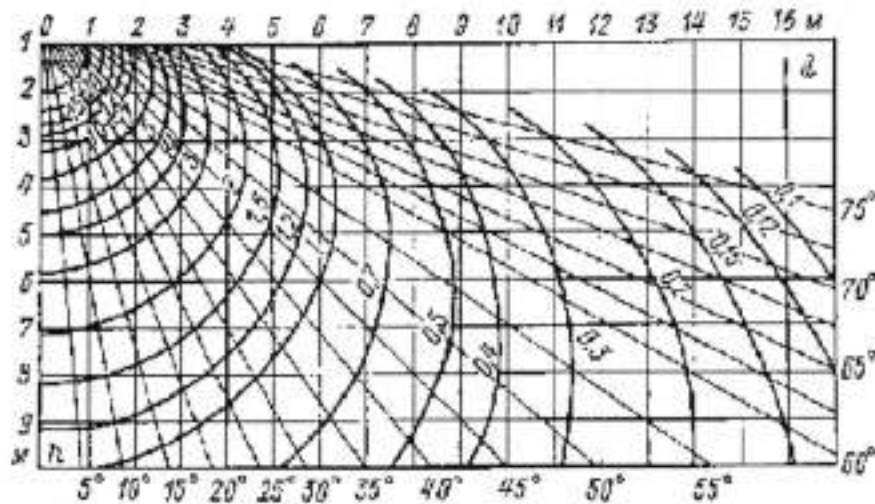


Рис. 4. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности

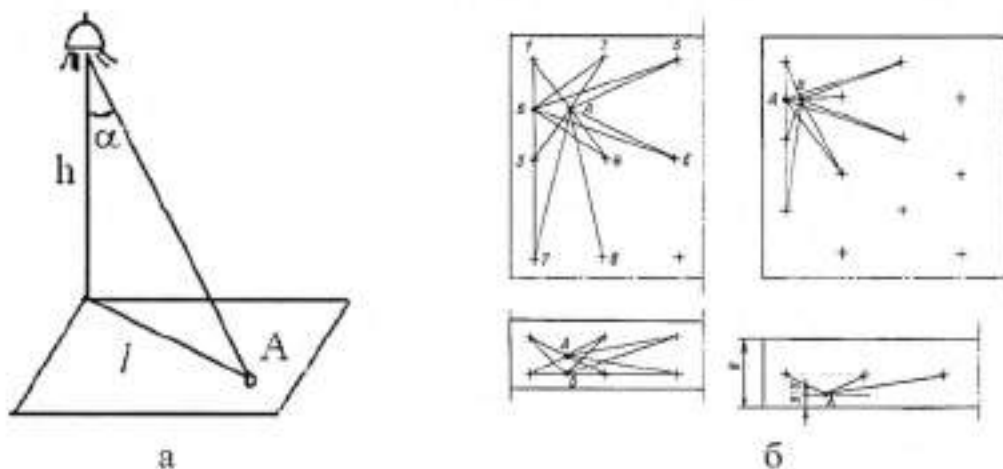


Рис. 5. Схема относительного расположения светильника и контрольной точки (а), то же на плане (б)

По величине  $\Phi$  производится выбор светильника.

Формула (6) может быть использована для расчета освещенности  $E$  при известном  $\Phi$ . Обычно в качестве контрольной точки при расчете общего освещения выбирают центр углового поля или середину его длинной стороны (точка А, Б на рис. 5б).

Точечный метод позволяет определить характеристики и провести выбор светильников местного освещения в системе комбинированного. В этом случае величина  $E$  в формуле (6) определяется как разность нормативной освещенности для комбинированного освещения (табл. 1) и освещенности, создаваемой светильниками общего освещения (табл. 2). Расчетная точка располагается на краю рабочего поля. Требование равномерности освещения достигается выбором рациональной высоты подвеса, исходя из типа КСС светильника местного освещения и отношения размера рабочей зоны к высоте  $l/h$  (табл. 3).

Пример расчета 2.

В помещении, часть которого показана на рис. 5б, требуется обеспечить освещенность  $E=50$  лк при  $K_3=1,3$ . Светильники УПД подвешены на высоте 3 м. Размеры полей  $6 \times 4$  м.

Расстояние  $d$  определяем обмером по масштабному плану, расчет сводим в таблицу 5.

Таблица 5

Точка	Номера светильников	Расстояние, $d$ , м	Условная освещенность, лк		Сумма
			от одного светильника	от всех светильников	
А	1,2,3,4	3,6	5,6	22,4	
	5,6	6,7	0,4	0,8	
	7,8	9,2	0,1	0,2	$\Sigma \varepsilon = 23,4$
Б	1,3	3	8,0	16	
	2,4	5	1,8	3,6	
	5,6	8,5	0,15	0,3	
	7,8	9	0,1	0,1	$\Sigma \varepsilon = 20,0$

Наихудшей оказывается точка Б, по освещенности которой определяем необходимый поток, принимая  $\mu=1,1$  (формула 6):

$$\Phi = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,3}{1,1 \cdot 20,0} = 2950 \text{ лм.}$$

По таблице Приложения 1 выбираем лампу 200 Вт.

При расчете наружного освещения линейными источниками (освещение полосы дороги, коммуникаций и т. п.) также может быть применен точечный метод с использованием пространственных изолюкс.

Пример расчета 3.

Полоса шириной  $b=10$  м освещается установленными по ее краю на высоте 8 м светильниками СПО-2-200 с лампами 200 Вт, 2800 лм. Определить



пролет  $L$ , при котором на противоположном краю полосы создаются  $E=0,5$  лк при  $K_3=1,4$  (рис. 6).

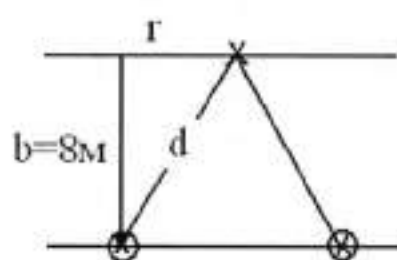


Рис. 6. Схема к примеру 3.

Из выражения (6) находим

$$\sum \varepsilon = \frac{1000 \cdot 0,5 \cdot 1,4}{2800} = 0,25 \text{ лк.}$$

Контрольная точка на противоположной стороне полосы освещается по крайней мере двумя светильниками, следовательно, значение условной освещенности необходимо разделить пополам.

По графику на рисунке 4 находим, что значение  $\varepsilon=0,125$  лк при высоте подвеса 8 м отвечает значению  $d=17$  м. Значение  $d$  является гипотенузой в треугольнике, величину  $r$  находим по теореме Пифагора:

$$r = \sqrt{d^2 - b^2} = \sqrt{298 - 64} = 15 \text{ м.}$$

Следовательно, расстояние между опорами подвеса равно 30 м.

Приложение 1

Параметры ламп накаливания и люминесцентных ламп

Лампы накаливания		Люминесцентные лампы	
Тип	Световой поток, лм	Тип	Световой поток, лм
Б 215-225-60	715	ЛДЦ	820
Б 215-225-100	1350	ЛД-20	920
Б 215-225-150	2100	ЛБ-20	1180
Б 215-225-200	2920	ЛДЦ-40	2100
Г 215-225-300	4610	ЛД-40	2340
Г 215-225-500	8300	ЛБ-40	3120
Г 215-225-1000	18600	ЛДЦ-80	3740
Г 215-225-1500	29000	ЛД-80	4070

Параметры ламп накаливания для светильников местного освещения

Тип	Световой поток, лм	Тип	Световой поток, лм
МО 12-15	200	МОЗ 36-40	350
МО 12-25	380	МОЗ 36-60	650
МО 12-40	620	МОЗ 36-100	1200
МО 12-60	850	МОД 12-25	270
МО 36-25	300	МОД 12-40	480
МО 36-40	600	МОД 12-60	810
МО 36-60	800	МОД 36-25	240
МО 36-100	1550	МОД 36-40	400
МОЗ 12-40	400	МОД 36-60	720
МОЗ 12-60	660	МОД 36-100	1380

Примечание. В маркировке ламп накаливания первые два числа обозначают диапазон напряжения, В; третье – мощность, Вт;

МОЗ – зеркальная лампа-светильник;

МОД – лампа-светильник с диффузным отражающим слоем.

Приложение 2

Лампы ртутные дуговые высокого давления

Тип	Номинальная мощность, Вт	Световой поток, лм
ДРЛ-125	125	6000
ДРЛ-250	250	13000
ДРЛ-400	400	23000
ДРЛ-700	700	39000
ДРЛ-1000	1000	55000

## Типы светильников и ламп накаливания

Мощность лампы, Вт	Тип КСС светильника						
	М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-3	Г-4	К-1
60	НСП 03	НПП 03	НПО 01	-	-	-	-
	КГО 20	НПО 16	-	-	-	-	-
	НБО 06	ПСХ	-	-	-	-	-
100	НСП 02	ВЗГ100А	НСП 01	-	-	-	-
	НПО 20	НПО 18	“Астра”	-	-	-	-
	НБО 06	НПО 30	ИСП 21	-	-	-	-
	НСП 18	ПП 07	-	-	-	-	-
	НСП 11	-	-	-	-	-	-
150	НСО 02	-	-	Н4БН150	-	-	-
	НПО 20	-	-	-	-	-	-
200	НСП 18	ППД	ВЗГ/В4А	НВО 07	НВО 04	-	-
	НСП 04	ВЗГ/В4А	НСП 21	-	-	-	-
	НСП 09	“	“	-	-	-	-
300	Н4В300М	СК300	-	НВО 087	НВО 04	-	-
	Н4Т2Н300	-	-	-	-	-	-
500	НСП 18	ППД	НСП 22	УПД	-	НСП 17	-
	НСП 11	-	-	УП 24	ССП 17	-	-
1000	-	-	НСП 22	УПД	-	ГС	ГК
1500	-	-	НСП 22	-	-	ГСУ	РСП 08

Типы светильников с люминесцентными лампами

Мощность лампы, Вт	Кол-во ламп в светил.	Тип КСС светильника				
		М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2
20	2	-	Л2010М	ЛПБ 10	-	-
	4	-	ЛПО 025	ВЛВ, ЛВОО5	-	-
40	1	Н4 Т5Л	ПВЛМ	-	НОГЛ	-
		НОДЛ	ЛСП 12	-	Н4 Т4Л	-
		РВЛМ	-	-	-	-
		РПЛ	-	-	-	-
	2	НОДЛ	ПВЛ 1, ПВЛП	ЛД, ОДР, ЛСП 02	НОГЛ	ЛСО 02, ЛСП 13
		Н4ТБЛ	ЛПО 09, Л2010М, ПВЛМ, ЛПО 025	УСП, ЛВО 03, ЛПБ 10	Н4Т4Л	-
	4	-	ЛПО 01	УСП, ЛВО 05	ЛВП 33, ЛВП 02, ЛВП 04, ЛВП 31	ЛСО 2, ЛПО 02, ЛВО 31
	6	-	-	-	-	ЛПО 02, ЛВО 31
80	1	Н4ТБ5Л	ПВЛМ, ЛСП 12	-	НОГЛ, Н4Т4Л	-
	2	Н4ТБЛ	ПВЛМ, ЛСП 12	ЛД, ОДР, ЛСПО2, УСП, ЛВО 03	НОГЛ, Н4Т4Л	-
	4	-	-	ЛВО 03, ЛВО 05	ЛВПО 02, ЛВП 31, ЛВП 04, ЛВП 33	ЛПО 02, ЛВО 31
	6	-	-	-	-	ЛПО 02

Приложение 5

Мощность лампы, Вт	Тип КСС светильника								
	М	Д-1	Д-2	Г-1	Г-2	Г-3	Г-4	К-1	К-2
125	-	-	-	СД2, ДРЛ	РСП 18	-	-	-	-
250	ППР ДРЛ	-	ППД ДРЛ	СД2ДРЛ	РСП 18	С3 ДРЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	-	-	РСП 05 РСП 08	ЖСП 17	-	-
400	-	РСП 11	-	СД2 ДРЛ	РСП18	С3 РЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	РСП 13	-	РСП 05	ЖСП 01	-	-
	-	-	-	РСП 16	-	РСП 08	ЖСП 17	-	-
700	-	-	-	СД2 ДРЛ	РСП 18	С3 ДРЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	РСП 13	-	РСП 05	ЖСП 17	-	-
	-	-	-	РСП 17	-	РСП 08	-	-	-
1000	-	-	-	СД2 ДРЛ	РСП 18	С3 ДРЛ	ГСП 18	РСП08	РСП10
	-	-	-	РСП 12	-	РСП 05	ЖСП 17	-	-
	-	-	-	РСП 13	-	РСП 08	-	-	-

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### ОЦЕНКА УРОВНЯ ШУМА В ПОМЕЩЕНИИ. РАСЧЕТ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА

**Цель работы:** выработать знания у студентов по оценке шумового режима в помещениях, выбору и расчету средств защиты от шума

#### 1. Основные теоретические сведения

Уровни шума в помещениях обусловлены акустическими характеристиками источников шума, их количеством и размещением, акустическими свойствами помещений.

Основными характеристиками, используемыми в практике борьбы с шумами, являются:

для источников шума – уровни звуковой мощности,  $L_p$ , дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

$$L_p = 10 \lg \left( \frac{P}{P_0} \right),$$

где  $P$  – звуковая мощность источника, Вт;  $P_0$  – пороговая звуковая мощность, равная  $10^{-12}$  Вт;

для расчетных точек – уровни звукового давления,  $L_p$ , дБ, на тех же среднегеометрических частотах

$$L_p = 20 \lg \left( \frac{p}{p_0} \right),$$

где  $p$  – звуковое давление на рабочем месте, Па;  $p_0$  – пороговое звуковое давление, равное  $2 \cdot 10^{-5}$ , Па.

Оценка звукового режима помещения проводится на основе расчетов ожидаемых уровней звукового давления в расчетных точках и сравнения их с допустимыми по нормам значениями. В качестве мер по снижению шума в помещениях могут быть предусмотрены акустические средства, включающие звукопоглощающие облицовки ограждающих конструкций зданий, звукоизолирующие конструкции (звукоизолирующие ограждения, звукоизолирующие кожухи, кабины и др.)

В настоящей работе студентам предлагается выполнить акустический расчет:

- ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке помещения;
- звукоизолирующего ограждения, звукопоглощающей облицовки.

#### 2. Задание к работе

**Дано.** В рабочем помещении длиной  $\Delta$  м, шириной  $B$  м, и высотой  $H$  м размещены источники шума – ИШ<sub>1</sub>, ИШ<sub>2</sub>, ..., ИШ<sub>n</sub> с уровнями звуковой мощности  $L_1, L_2, \dots, L_n$  (рис. 1). Источник шума ИШ<sub>1</sub> с заключен в кожух. В конце цеха находится помещение вспомогательных служб, которое отделено от основного

цеха перегородкой с дверью площадью  $S_{дв}=2,5 \text{ м}^2$ . Расчетная точка находится на расстоянии  $r_i$  от источников шума.

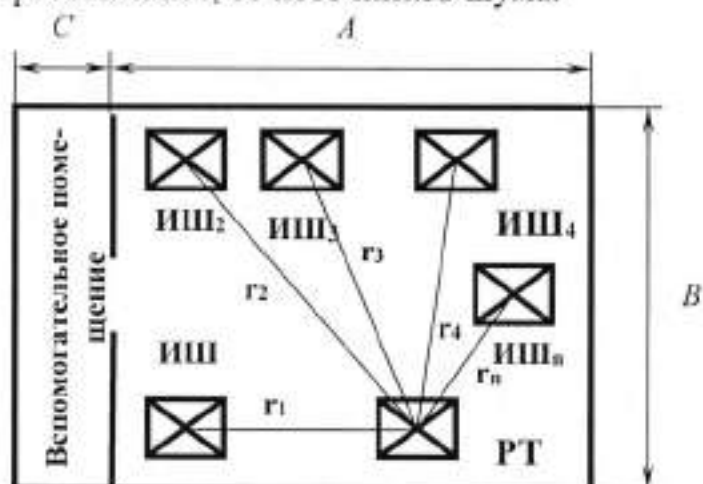


Рис. 1. Схема расположения оборудования – ИШ на участке и расчетной точки - РТ.

*РАССЧИТАТЬ:*

1. Уровни звукового давления в расчетной точке – РТ, сравнить с допустимыми по нормам, определить требуемое снижение шума на рабочих местах. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.1.

2. Звукоизолирующую способность перегородки и двери в ней, подобрать материал для перегородки и двери. Расчеты производить в соответствии с п. 3.2.

3. Звукоизолирующую способность кожуха для источника ИШ<sub>1</sub>. Источник шума установлен на полу, размеры его в а плане – (а x b) м, высота – h м. Подобрать материал для кожуха. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.3.

4. Снижение шума при установке на участке цеха звукопоглощающей облицовки. Расчеты проводить в соответствии с п. 3.4.

Акустические расчеты проводятся в восьми октавных полосах на среднегеометрических частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Однако, в связи с повторяемостью и трудоемкостью, расчеты в практической работе студенты проводят не по всем частотам, а по указанию преподавателя (2-3 частоты).

### 3. Методика расчетов

#### 3.1. Расчет ожидаемых уровней звукового давления в расчетной точке и требуемого снижения уровней шума

Если в помещении находится несколько источников шума с разными уровнями излучаемой звуковой мощности, то уровни звукового давления для среднегеометрических частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц в расчетной точке следует определять по формуле

$$L = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^n \frac{\chi_i \Phi_i \Delta_i}{S_i} + \frac{4V}{B} \sum_{i=1}^n \Delta_i \right), \quad (1)$$

Здесь:

$L$  – ожидаемые октавные уровни звукового давления в расчетной точке, дБ;

$\chi$  – эмпирический поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения расстояния  $r$  от расчетной точки до акустического центра к максимальному габаритному размеру источника  $l_{\max}$ , рис. 2. Акустическим центром источника шума, расположенного на полу, является проекция его геометрического центра на горизонтальную плоскость;

$\Delta_i = 10^{0,1L_{pi}}$  – определяется по табл. 1;

$L_{pi}$  – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

$\Phi$  – фактор направленности; для источников с равномерным излучением принимается  $\Phi=1$ ;

$S$  – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку. В расчетах принять  $S=2\pi r^2$ , где  $r$  – расстояние от расчетной точки до источника шума;

$\Psi$  – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый по графику (рис. 3) в зависимости от отношения постоянной помещения  $V$  к площади ограждающих поверхностей помещения  $S_{огр}$ . ( $S_{огр}=S_{\text{пола}}+S_{\text{стен}}+S_{\text{потолка}}$ );

$V$  – постоянная помещения в октавных полосах частот, определяемая по формуле  $V=B_{1000}\mu$ , где  $B_{1000}$  – постоянная помещения на частоте 1000 Гц,  $\text{м}^2$ , определяемая в зависимости от объема и типа помещения на частоте 1000 Гц (табл.2);  $\mu$  – частотный множитель, определяемый по табл.3.;

$m$  – количество источников шума, ближайших к расчетной точке, для которых  $r_i < 5r_{\min}$ , где  $r_{\min}$  – расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего к ней источника шума, м;

$n$  – общее количество источников шума в помещении с учетом коэффициента одновременности их работы.

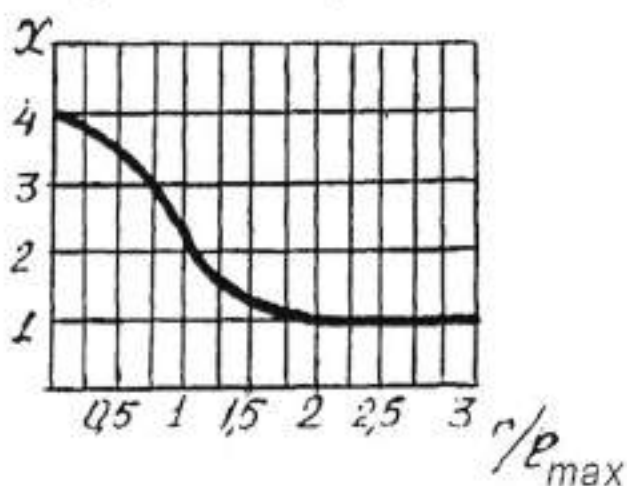


Рис . 2. График для определения коэффициента  $\chi$

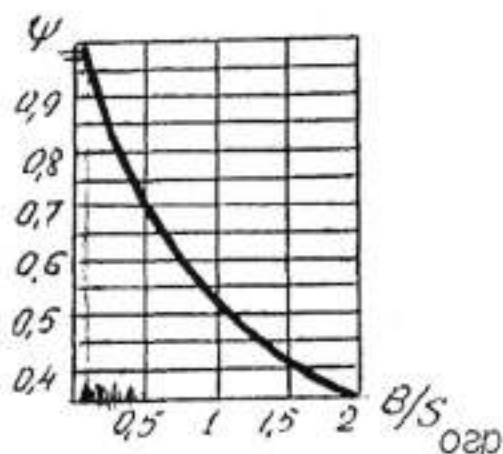


Рис . 3. График для определения коэффициента  $\psi$



Таблица 1

Определение величины  $\Delta_i = 10^{0,11} p_i$ 

Десятки	Единицы									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	$1 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$6,3 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
4	$1 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	$6,3 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
5	$1 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$
6	$1 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$
7	$1 \cdot 10^7$	$1,3 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7$
8	$1 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$	$3,2 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8$	$6,3 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$
9	$1 \cdot 10^9$	$1,3 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^9$	$3,2 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^9$	$6,3 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^9$
10	$1 \cdot 10^{10}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$1,6 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^{10}$	$6,3 \cdot 10^{10}$	$8 \cdot 10^{10}$
11	$1 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^{11}$	$3,2 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{11}$	$5 \cdot 10^{11}$	$6,3 \cdot 10^{11}$	$8 \cdot 10^{11}$
12	$1 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{12}$	$1,6 \cdot 10^{12}$	$2 \cdot 10^{12}$	$2,5 \cdot 10^{12}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$4 \cdot 10^{12}$	$5 \cdot 10^{12}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$8 \cdot 10^{12}$

Примечание: при пользовании таблицей величину  $L_{p_i}$  следует округлять до целых значений децибел.

Пример. Найти величину  $\Delta_i$  для  $L_i = 89,5$  дБ.

Решение: в столбце «Десятки» находим число 8, в строке «Единицы» находим число 9. Искомая величина  $\Delta_i = 8 \cdot 10^8$

Таблица 2

Значение постоянной помещения  $V_{1000}$ 

Характеристика помещения	$V_{1000}, \text{ м}^2$
небольшим числом людей (металлообрабатывающие цехи, вентиляционные камеры, генераторные, машинные залы, испытательные стенды и т.п.).	$V/20$
жесткой мебелью и большим количеством людей или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, деревообрабатывающие цехи, кабинеты и т.п.).	$V/10$
большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения зданий управления, залы конструкторских бюро, аудитории и т.п.)	$V/6$

ПРИМЕЧАНИЕ.  $V$  – объем помещения

Таблица 3

Значение коэффициента  $\mu$ 

Объем помещения, $\text{ м}^3$	Значение $\mu$ на среднегеометрических частотах октавных полос							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,8	0,8	1,0	1,4	1,8	2,5
$V = 200 - 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1,0	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1,0	1,6	3,0	6,0

Требуемое снижение уровней звукового давления в расчетной точке для восьми октавных полос следует определять по формуле

$$\Delta L_{\text{треб}} = L_{\text{расч}} - L_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где:

$\Delta L_{\text{треб}}$  – требуемое снижение уровней звукового давления, дБ;

$L_{\text{расч}}$  – полученные расчетом октавные уровни звукового давления, дБ;

$L_{\text{доп}}$  – допустимые по нормам октавные уровни звукового давления, дБ.

Допустимые уровни шума на рабочих местах принимаются в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (табл. 4).

## Допустимые уровни шума на рабочих местах

Вид трудовой деятельности	Условия звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Предприятия, учреждения и организации								
1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность.	71	61	54	49	45	42	40	38
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории.	79	70	63	58	55	52	50	49
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа.	83	74	68	63	60	57	55	54
4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами.	91	83	77	73	70	68	66	64
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производстве и на территории предприятия.	95	87	82	78	75	73	71	69

## 3.2. Расчет звукоизолирующих ограждений, перегородок.

Звукоизолирующие ограждения, перегородки применяются для отдаления «тихих» помещений от смежных «шумных» помещений; выполняются из плотных, прочих материалов. В них возможно устройство дверей, окон. Подбор материала конструкций производится по требуемой звукоизолирующей способности  $R_{\text{треб}}$ , дБ, величина которой определяется по формуле

$$R_{\text{треб}} = L_{\text{сум}} - L_{\text{доп}} - 10 \lg V_{\text{и}} + 10 \lg S_{\text{и}} + 10 \lg m, \quad (3)$$

где:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{\text{и}i}} - \text{суммарный октавный уровень звуковой мощности}$$

излучаемой всеми источниками и определяемый с помощью табл. 1;

$L_{\text{доп}}$  – допустимый октавный уровень звукового давления в изолируемой от шума помещении, дБ, табл. 4;

$V_{\text{и}}$  – постоянная изолируемого помещения, м<sup>3</sup>;

$m$  – количество элементов в ограждении (сплошная перегородка –  $m=1$ , перегородка с окном или дверью –  $m=3$ ).

Если звукоизолирующее ограждение включает окно, дверь, то требуемая звукоизолирующая способность  $R_{\text{треб}}$  рассчитывается для каждого элемента. Материал конструкций выбирается по табл. 5 и 6.

Таблица 5

Звукоизолирующая способность стен, перегородок, дБ

Материал конструкции	Толщина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Кирпичная кладка с двух сторон	1 кирпич	36	41	44	51	58	64	65	65
	2 кирпича	45	45	52	59	65	70	70	70
Железобетонная стена	50 мм	28	34	35	35	41	48	55	55
	100 мм	34	40	40	44	50	55	60	60
	200 мм	40	42	44	51	59	65	55	55
Гипсобе-тонная плита	80 мм	-	28	33	37	36	44	44	42
Керамзито-бетонная плита	80 мм	-	33	34	39	47	52	54	-
Шлакобето-нная панель	250 мм	-	30	45	52	56	64	64	-
Древ. стру-жечная плита	20 мм	-	23	26	26	26	26	26	23
Фанера	3 мм	7	11	14	19	23	26	27	26
	5 мм	9	13	17	21	25	28	26	29
	10 мм	13	17	21	25	28	25	29	23
Стеклопла-стик	3 мм	9	13	17	21	25	29	31	32
	5 мм	12	16	20	24	28	31	31	34
	10 мм	17	21	25	28	31	31	34	38
Стальн. пане-ли с ребрами жесткости	1 мм	13	17	21	25	28	32	35	35
	3 мм	19	23	27	31	35	37	30	39
	5 мм	22	26	30	34	37	32	36	42
	10 мм	26	30	34	36	32	36	42	46

Таблица 6

## Звукоизолирующая способность окон и дверей, дБ

Элемент конструкции	Условия прилегания по периметру	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Окно с силикатным стеклом толщиной 3 мм 6 мм	Без уплотняющих прокладок	8	12	16	18	20	22	20	20
		12	18	18	20	23	25	25	25
Оконный блок с двойным переплетом, толщина стекла 3 мм, воздушный зазор 170 мм	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками из резины	22	27	26	28	30	28	27	27
		27	33	33	36	38	38	38	38
Двойное остекление со стеклами толщиной 4мм и 7мм и воздушным зазором: 200 мм 300 мм	То же	-	27	36	42	47	49	55	55
		-	32	39	43	47	51	55	55
Обыкновенная филеичатая дверь	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками	7	12	14	16	22	22	20	20
		12	18	19	23	30	33	32	32
Глухая щитовая дверь толщиной 40 мм, облицованная с двух сторон фанерой толщиной 4 мм	Без уплотняющих прокладок С уплотняющими прокладками	17	22	23	24	24	24	23	23
		12	27	27	32	35	34	35	35

### 3.3. Звукоизолирующие кожухи

Применяются для снижения уровней звуковой мощности отдельных, наиболее шумных источников. Кожухи полностью закрывают источник шума, изготавливаются из листовых материалов (сталь, дюралюминий и др.). Внутренние поверхности стенок кожуха обычно облицовывают звукопоглощающим материалом. Требуемая звукоизолирующая способность стенок кожуха определяется по формулам:

для необлицованных кожухов

$$R_{\text{треб}} = L_p + 10 \lg \left( \frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4V}{B} \right) - L_{\text{доп}} + 5; \quad (4)$$

для кожухов со звукопоглощающей облицовкой внутренних поверхностей

$$R_{\text{треб}} = L_p + 10 \lg \left( \frac{\chi \Phi}{2\pi r^2} + \frac{4V}{B} \right) - L_{\text{доп}} + 5 - 10 \lg \alpha_{\text{обл}}; \quad (5)$$

где:

$L_{\text{доп}}$  – допустимые октавные уровни звукового давления, дБ;

$\alpha_{\text{обл}}$  – коэффициент звукопоглощения облицовочного материала;

Остальные обозначения такие же, как в формуле (1).

Выбор материала кожуха следует производить от  $R_{\text{треб}}$  по справочникам или табл. 7.

### 3.4. Звукопоглощающие облицовки.

Применяются для снижения интенсивности отраженных звуковых волн. Звукопоглощающие облицовки размещают на потолке и в верхних частях стен помещения. Для достижения максимально возможного поглощения звука рекомендуется облицовывать не менее 60% общей площади ограничивающих помещение поверхностей.

Выбор звукопоглощающей облицовки (материал, конструкция, коэффициент звукопоглощения и т.д.) следует производить по данным табл. 8 в зависимости от требуемого снижения шума  $\Delta L_{\text{треб}}$ . При этом реверберационный коэффициент звукопоглощения облицовки  $\alpha_{\text{обл}}$  должен иметь максимальные значения в тех октавных полосах частотного диапазона, где наблюдается наибольшее превышение ожидаемых уровней звукового давления над допустимыми значениями.

Таблица 7

Звукоизолирующая способность кожуха со стенками плоской формы, дБ

Конструкция	Толщина листа, мм	Размер листа, мм	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стальной лист, покрытие из вибродемпфирующей мастики ВД – 17 – 58 толщиной 4 мм	0,7	2x2	20	24	28	33	37	39	42	45
Стальной лист, покрытие из минераловатных плит толщиной: 70 мм	1,5	1x1	-	20	26	35	39	40	46	48
Дюралюминиевый диск, покрытие из минераловатных плит толщиной: 80 мм 70 мм	2	2x2	20	15	20	28	36	43	50	53
	3	2x2	-	20	25	38	45	51	51	57
Стальной лист	1,2 – 2	2x2	26	23	28	33	38	44	48	30
		1x1	21	29	25	30	35	41	44	30
		0,5x0,5	18	25	31	29	33	37	40	30
	3 – 4	4x2	27	25	30	35	40	46	48	31
		2x1	22	30	28	33	37	42	44	31
		3x3	23	28	33	27	42	45	33	42
		2x2	28	25	30	35	41	44	33	42
		3x1,5	27	33	31	36	41	44	34	43
		2x1	23	32	29	35	41	43	34	43
Сплав	1,5x2	2x2	18	15	20	25	30	35	38	23
		1x1	15	21	17	27	27	32	35	22
		2x1	13	21	19	24	29	32	33	20



## Акустические характеристики звукопоглощающих материалов

Толщина звукопоглощающего материала, мм	Воздушный зазор, мм	Реверберационный коэффициент звукопоглощения на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Плиты ПА/О минераловатные акустические, размер 500x500 мм									
20	0	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,20
20	50	0,02	0,03	0,42	0,93	0,90	0,79	0,45	0,20
Плиты «Акмигран» минераловатные размером 300x300 мм									
20	0	0,01	0,04	0,30	0,59	1	0,93	0,81	0,70
20	50	0,03	0,25	0,66	0,91	0,93	1	0,90	0,80
Маты из супертонкого волокна									
50	0	0,1	0,4	0,85	0,98	1	0,93	0,97	1
Супертонкое волокно с оболочкой из стеклоткани и покрытием из гипсовой плиты толщиной 7 мм с перфорацией									
100	0	0,9	0,66	1	1	1	0,96	0,7	0,5
Отходы капронового волокна, сетка из стеклоткани марки СЭ, покрытие из перфорированного металлического листа									
100	0	0,02	0,15	0,46	0,82	0,92	0,83	0,93	0,93
Плиты «Силакпор» размерами 450x450 мм									
45	0	0,10	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95
«Винипор» полужесткий									
35	0	-	-	0,07	0,12	0,19	0,45	0,89	0,89
Теплоизоляционный материал									
25	0	0,10	0,12	0,21	0,44	0,77	0,90	0,92	0,90
	50	0,11	0,16	0,40	0,83	0,94	0,82	0,92	0,80
Плиты ПП – 80, ППМ, ПММ звукопоглощающие полужесткие									
30	0	-	0,08	0,30	0,64	0,89	0,95	0,83	0,73
	50	-	0,21	0,40	0,72	0,98	0,79	0,75	0,75
50	0	-	0,14	0,52	0,92	0,99	0,42	0,82	0,78
	50	-	0,20	0,61	0,90	0,94	0,92	0,78	0,76

Величина возможного максимального снижения уровней звукового давления в расчетной точке при применении выбранных звукопоглощающих конструкций определяется по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \frac{B_1 \Psi}{B \Psi_1}, \quad (6)$$

где:

$B$  – постоянная помещения до установки в нем звукопоглощающей облицовки,  $m^2$ ; определяется так же, как в формуле (1);

$B_1$  – постоянная помещения после установки в нем звукопоглощающих конструкций,  $m^2$ ; определение ее рассматривается ниже;

$\Psi$  и  $\Psi_1$  – коэффициенты, определяемые по графику на рис. 3, соответственно до и после установки звукопоглощающих конструкций.

Постоянную помещения  $V_1$  следует определять по формуле

$$V_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \quad (7)$$

где:

$A_1 = \alpha(S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}})$  – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностей не занятых звукопоглощающей облицовкой,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha$  – средний коэффициент звукопоглощения помещения до установки звукопоглощающей облицовки; определяется по формуле

$$\alpha = \frac{V}{(V + S_{\text{огр}})}; \text{ где } S_{\text{огр}} - \text{общая площадь ограждающих поверхностей помещения, } \text{м}^2;$$

$S_{\text{обл}}$  – площадь звукопоглощающих облицовок,  $\text{м}^2$ ;

$\Delta A$  – величина добавочного звукопоглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки,  $\text{м}^2$ ; определяется по формуле

$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}}$ , где  $\alpha_{\text{обл}}$  – реверберационный коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции облицовки в октавной полосе частот; определяемый по табл. 8.

$\alpha_1$  – средний коэффициент звукопоглощения помещения со звукопоглощающими конструкциями, определяемый по формуле

$$\alpha_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S_{\text{огр}}}.$$

Выбранная звукопоглощающая облицовка будет обеспечивать необходимое снижение уровня шума в октавных полосах частот в том случае, если в результате расчетов получено  $\Delta L_{\text{макс}} \geq \Delta L_{\text{треб}}$ .

#### 4. Оформление отчета

Отчет по практической работе должен содержать наименование работы, ее цель, исходные данные, расчеты, выводы по результатам расчетов. Результаты расчетов свести в таблицу 9.

#### 5. Исходные данные для расчета

Работа выполняется по вариантам, которые согласовываются с преподавателем.

Уровни звуковой мощности источников шума выбирают по табл. 11 в соответствии с порядковыми номерами, указанными в табл. 10 по вариантам.

Исходные данные и результаты расчетов по варианту \_\_\_\_\_

Величина	Ссылка на рис., табл., формулу	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	124	250	500	1000	2000	4000	8000

Расчет ожидаемых уровней звукового давления		
$L_1$	табл. №11	
$L_2$	табл. №11	
$L_3$	табл. №11	
$L_4$	табл. №11	
$L_5$	табл. №11	
$L$	(1)	
$L_{доп}$	табл. №4	
$\Delta L_{треб}$	(2)	
Расчет звукоизолирующей перегородки с дверью		
$L_{сум}$	(3)	
$L_{доп}$	табл. №4	
$R_{перег}$	(3)	
$R_{двери}$	(3)	
и т. д.		

Таблица 10

Варианты заданий уровней звуковой мощности источников шума.

Вариант	Номер источников шума из табл. 11	Вариант	Номер источников шума из табл. 11
1	27*, 1, 2, 3, 4	14	24*, 4, 8, 12, 16
2	28*, 5, 6, 7, 8	15	31*, 20, 23, 19
3	26*, 9, 10, 11, 12	16	32*, 3, 7, 11, 23
4	30*, 13, 14, 15, 23	17	25*, 2, 6, 10, 14
5	31*, 17, 18, 19, 24	18	30*, 9, 13, 17, 21
6	25*, 16, 20, 21, 25	19	32*, 4, 7, 12, 15
7	33*, 1, 5, 9, 13	20	33*, 3, 6, 11, 14
8	32*, 2, 6, 17, 21	21	27*, 2, 5, 10, 13
9	27*, 10, 14, 18, 22	22	28*, 13, 15, 18, 20
10	24*, 3, 7, 11, 15	23	29*, 1, 6, 11, 16
11	25*, 4, 8, 19, 23	24	30*, 4, 7, 10, 12
12	26*, 12, 16, 20, 24	25	33*, 8, 11, 13, 14
13	29*, 5, 7, 14, 19		

\* – уровни звуковой мощности для источника шума ИШ<sub>1</sub>

Таблица 11

Уровни звуковой мощности оборудования  $L_p$ , дБ

№ по порядку	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	89	90	87	92	91	87	82	80
2	96	94	95	98	90	89	87	85
3	94	96	96	97	92	89	89	87
4	91	90	95	95	96	97	98	91
5	93	92	90	90	86	82	78	76
6	81	84	92	93	92	87	79	75
7	85	86	92	97	94	83	92	96
8	98	96	94	99	96	94	86	84
9	88	91	93	97	98	89	85	86
10	86	85	92	96	85	82	80	84
11	87	91	94	97	87	82	78	75
12	87	85	91	94	86	79	78	74
13	94	95	97	92	96	87	89	92
14	93	89	92	90	94	92	87	85
15	89	96	100	99	95	91	86	82
16	89	94	99	97	91	88	87	84
17	87	84	95	94	86	87	78	76
18	89	86	82	82	84	86	89	90
19	91	87	87	84	88	88	90	92
20	89	92	95	98	91	90	89	85
21	87	91	93	100	98	89	86	82
22	90	92	96	98	102	102	98	94
23	89	90	95	100	101	101	95	93
24	93	112	99	105	122	106	110	114
25	109	110	109	112	120	121	108	85
26	112	103	108	116	118	123	112	95
27	103	114	115	117	112	107	101	98
28	98	110	103	100	102	98	102	97
29	95	98	104	108	110	109	103	100
30	100	98	100	106	110	97	98	92
31	102	105	113	118	112	99	102	96
32	107	103	112	104	107	106	103	94
33	103	114	115	120	114	112	98	89

Таблица 12.

Габаритные размеры участка цеха, кабины, источника шума ИШ<sub>1</sub>,  
размещение оборудования

Ва- ри- ант	А, м	В, м	С, м	Н, м	Г <sub>1</sub> , м	Г <sub>2</sub> , м	Г <sub>3</sub> , м	Г <sub>4</sub> , м	Г <sub>5</sub> , м	l <sub>шес.</sub> , м	а, м	в, м	с, м	А <sub>к</sub> , м	В <sub>к</sub> , м	Н <sub>к</sub> , м
1	30	20	7	8	6	9	6,5	8	13	1,5	1,5	1,5	2	4	3	2,5
2	30	15	6	8	6	8	6	7	12	1,2	1,6	1,8	1,5	3	5	2,6
3	30	12	5	7	6	7	5	6	10	1,2	1,4	1,7	1,2	4	4	2,7
4	32	16	7	7	6,5	9	7	8	14	1,5	1,3	1,9	1,1	3	6	2,8
5	32	18	6	7	7	10	7,5	9	13	1,4	1,2	1,0	1,3	4	5	2,9
6	35	20	8	9	7,5	11	8	9,5	14	1,5	1,7	1,4	1,4	3	4	3,0
7	35	18	7	8	8	10	9	9	13	1,5	1,3	1,2	1,5	3	5	2,5
8	28	15	6	8	6	8	7	8	12	1,1	1,6	1,3	1,5	4	4	2,6
9	26	15	7	6	5	7	6	7,5	10	1,0	1,5	1,8	1,2	3	6	2,7
10	28	16	6	7	6,5	7,5	7	8	11	1,2	1,6	1,4	1,5	4	5	2,8
11	26	18	7	8	7	8	6	9	12	1,1	1,2	1,5	1,1	3	4	2,5
12	34	20	8	9	7	9	8	9,5	10	1,2	1,8	1,6	1,2	4	6	2,6
13	36	15	9	9	8	11	8,5	10	14	1,5	1,7	1,4	1,6	3	6	2,5
14	36	18	9	8	7	10	8	11	15	1,2	1,6	1,8	1,5	5	3	2,7
15	28	17	6	7	6	9	7	8	12	1,3	1,2	1,9	1,1	6	4	2,6
16	28	20	7	8	7	8	9	7	10	1,1	1,5	1,6	1,2	4	6	2,5
17	34	18]	9	10	8	10	9	11	14	1,3	1,6	1,7	1,3	3	5	2,7
18	34	22	8	9	9	11	10	9	15	1,4	1,4	1,5	1,6	5	3	2,8
19	29	17	7	8	6	8	7	8,5	13	1,2	1,3	1,8	1,2	3	4	2,8
20	32	19	6	9	7,5	12	8	9	12	1,3	1,2	1,7	1,5	4	4	2,0
21	45	22	7	9	7	8	9	10	13	1,4	1,6	1,3	1,6	4	5	2,5
22	35	24	9	9	8	9	10	9	14	1,5	1,7	1,4	1,4	4	6	2,8
23	29	16	5	8	6	8	6,5	7	12	1,3	1,2	1,2	1,7	5	3	2,9
24	31	17	7	9	7	9	7,5	8	11	1,2	1,3	1,4	1,8	5	6	2,5
25	32	18	6	7	6	8	7	9	12	1,1	1,5	1,6	1,3	6	3	3,0

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА ТОКОМ В ТРЁХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

#### Цель работы:

Ознакомиться с приёмами исследования опасности поражения током в трёхфазных сетях переменного тока напряжением до 1000 В и изучить технические способы защиты от такого поражения.

#### Порядок выполнения

1. Ознакомиться с общими сведениями.  
2. Оценить согласно варианту (табл. 1) по величине тока, проходящего через тело человека, опасность прикосновения к фазе двух типов трёхфазных электросетей:

- четырёхпроводной с глухозаземлённой нейтралью
- трёхпроводной с изолированной нейтралью

В каждой сети рассмотреть с использованием эквивалентных схем по два случая прикосновения:

- с учётом сопротивления обуви ( $R_{об}$ ) и пола ( $R_{пол}$ );
- без учёта сопротивления  $R_{об}$  и  $R_{пол}$  (принять их равными нулю) и сделать вывод о влиянии этих сопротивлений на степень поражение электрическим током.

3. Сравнить между собой трёхфазные электросети по степени опасности поражения человека током.

4. Ознакомиться и законспектировать сведения о причинах поражения электрическим током и технических способах и средствах защиты от поражения ими.

#### Общие сведения

Известно, что электрическая энергия удобнее и безопаснее любой из известных форм энергий. Однако и при её использовании существуют определённая вероятность поражения человека током.

Все случаи поражения человека током являются результатом замыкания электрической цепи через его тело, или, иначе говоря, результатом прикосновения человека к двум точкам цепи, между которыми существует напряжение. Опасность такого прикосновения оценивается силой тока ( $I_h$ ), проходящего через тело человека. Величину силы тока определяет закон Ома:

$$I_h = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

где  $U$  - напряжение, под которое попал человек, В;

$R$  - полное сопротивление участка цепи, элементом которой стал человек, Ом.

Из формулы (1) видно, что сила зависит от двух величин – напряжение и сопротивления. Такая зависимость подсказывает два главных подхода в обеспе-

чении безопасности человека от поражения током – снижение напряжения и увеличение сопротивления. Однако, это самые общие соображения.

Углубляясь же в анализ условий поражения человека током, можно отметить, что степень поражения человека электрическим током зависит от того:

- в какую электрическую сеть он включился;
- каким оказалось включение.

В системе энергоснабжения используются два вида электросетей:

- трёхфазная электросеть с глухозаземлённой нейтралью (4-х проводная);
- трёхфазная электросеть с изолированной нейтралью (3-х проводная).

**Глухозаземлённой нейтралью** называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (2 – 8 Ом).

**Изолированной нейтралью** называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединённая к заземляющему устройству или присоединённая через аппараты, компенсирующие ёмкостный ток в сети, трансформатор напряжения или другие аппараты, имеющие большое сопротивление.

Прикосновение (включение) к токоведущим элементам в трёхфазных сетях может быть однофазным и двухфазным.

**Однофазное включение** – это прикосновение к одной фазе электроустановки, находящейся под напряжением.

При этом электрическая цепь тока, проходящего через человека, включает в себя, кроме сопротивления тела человека ( $R_h$ ), также сопротивление пола ( $R_{пол}$ ), сопротивление обуви ( $R_{об}$ ) и заземление нейтрали источника тока ( $R_0$ ).

В случае прикосновения человека к фазному проводу трёхфазной сети с глухозаземлённой нейтралью ток будет:

$$I_k = \frac{U}{R} = \frac{U_\phi}{R} = \frac{U_\lambda}{\sqrt{3}(R_k + R_{об} + R_{пол} + R_0)}, \quad (2)$$

где  $U_\phi$  - фазное напряжение, В = 220;

$U_\lambda$  - линейное напряжение, В = 380;

$R_0 = 4$  Ом.

А в случае прикосновения человека к фазному проводу трёхфазной сети с изолированной нейтралью ток будет:

$$I_k = \frac{U_\phi}{R_k + R_{об} + R_{пол} + R_u/\sqrt{3}}, \quad (3)$$

где  $R_u$  - сопротивление изоляции проводов.

**Двухфазное включение** - это одновременное прикосновение к двум фазам электроустановки, находящейся под напряжением. При этом человек находится под линейным напряжением, которое в  $\sqrt{3}$  раза больше фазного. Такое включение наиболее опасно. Силу тока, проходящего через тело человека, определяют при этом соотношением:

$$I_{\lambda} = \frac{U}{R} = \frac{\sqrt{3} \times U_{\phi}}{R_{\lambda}} = \frac{U_{\lambda}}{R_{\lambda}}, \quad (4)$$

где, обозначения те же.

#### Задачи

№ 1. Определить по варианту (табл. 1) силу тока, проходящего через тело человека, при однофазном его прикосновении к неизолированным токоведущим частям трёхфазной электросети с глухозаземлённой нейтралью с учётом и без учёта сопротивлений пола и обуви. После расчётов сделать вывод об их влиянии на степень поражения электрическим током.

№ 2. Определить по варианту (табл. 1) силу тока, проходящего через тело человека, при однофазном его прикосновении к неизолированным токоведущим частям электросети с изолированной нейтралью с учётом и без учёта сопротивлений пола и обуви. По результатам расчётов сделать вывод о влиянии сопротивлений пола и обуви на степень опасности поражения током, а также сравнить по степени электробезопасности оба типа электросетей.

Таблица 1

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сопротивление тела человека, $R_{\text{ч}}$ (кОм)	1.2	0.9	1.1	1.0	1.3	0.8	0.9	1.25	1.5	1.35
Сопротивление изоляции проводов, $R_{\text{и}}$ (кОм)	500	700	600	550	750	800	900	1200	850	1000
Сопротивление пола $R_{\text{пол}}$ (кОм)	1.4	1.6	2.2	2.0	1.8	1.5	2.5	2.4	3.0	3.5
Сопротивление обуви, $R_{\text{об}}$ (кОм)	1.5	7.5	5.5	6.0	2.5	3.0	4.0	1.9	5.0	4.8

#### Основные причины поражения человека электрическим током

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям электроустановки.
2. Прикосновение к незаземлённым корпусам машин и трансформаторов с повреждённой изоляцией.
3. Несоблюдение правил технической эксплуатации электроустановок.
4. Работа с неисправными ручными электроинструментами.



5. Работа без защитных изолирующих и предохранительных приспособлений.

6. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате обрыва токонесущего провода.

Технические способы защиты от поражения электрическим током.

1. **Защитное заземление** – это преднамеренное электрическое соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Суть заземления заключается в том, что все конструкции из металла, могущие оказаться под напряжением, соединяют с заземляющим устройством через малое сопротивление. Это сопротивление должно быть во много раз меньше, чем сопротивление человека ( $R_{\text{ч}} = 1000$  кОм). В случае замыкания на корпус аппарата основная часть тока пройдёт через заземляющее устройство.

2. **Защитное зануление** - это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Такое электрическое соединение превращает всякое замыкание токоведущих частей на землю в однофазное короткое замыкание, а это обеспечивает срабатывание «защиты» (предохранителей, автоматов и пр.), отключение повреждённой установки от питающей сети.

3. **Защитное отключение.** При нём используют реле напряжения, соединённое с металлическими нетоковедущими частями оборудования, которые могут оказаться под напряжением. При замыкании фазы на корпус, при снижении сопротивления изоляции фаз или при появлении в сети более высокого напряжения происходит автоматическое отключение электроустановки от источника питания.

4. **Выравнивание потенциалов.** Для этого снижают напряжение (сближают потенциалы) между точками электрической цепи, к которым человек может прикоснуться и на которых может стоять.

5. **Малые напряжения** (не более 420 В) уменьшают опасность поражения человека электрическим током. Их используют для питания электроинструмента, светильников местного освещения, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных.

6. **Электрическое разделение сети.** Сеть разделяют на отдельные, не связанные между собой участки, с использованием отдельных трансформаторов (на каждый электроприёмник свой трансформатор). Эти трансформаторы электроприёмники от общей сети и, следовательно, предотвращают воздействие на них токов утечки, замыканий на землю. Тем самым исключаются условия, которые могут привести к электротравме.

7. **Изоляция** - обеспечивает недоступность к токоведущим частям электроустановки. Исправная изоляция – основное условие электробезопасности. Однако в процессе эксплуатации изоляция подвергается воздействиям, приводящим её к старению. Главное из них – нагревание её рабочими и пусковыми токами, токами короткого замыкания или от посторонних источников. Нужен периодический контроль её состояние. Сопротивление изоляции не должно быть менее 0.5 мОм.

8. **Ограждение токоведущих частей** чаще всего предусматривается конструкцией электрооборудования. Корпуса, кожухи, щитки препятствуют случайным прикосновениям к ним. Голые провода, шины, открытые приборы и аппараты помещают в шкафы, ящики или закрывают сплошным или сетчатым ограждением (высотой 1,7 – 2 м).

9. **Блокировка** не позволяет открыть ограждения, когда электроустановка под напряжением и автоматически снимает напряжение при раскрытии ограждения.

10. **Сигнализация** световая и звуковая применяется в электроустановках в сочетании с другими мерами защиты от поражения электрическим током. Средства защиты при обслуживании электроустановок. К ним относятся: изолирующие штанги, измерительные и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки и инструменты с изолирующими ручками, а так же диэлектрические колпаки, галоши, коврики, изолирующие подставки, переносные заземления, оградительные устройства, плакаты и знаки безопасности. Кроме перечисленных электробезопасных средств при необходимости применяются индивидуальные средства защиты (очки, каски, противогаз, рукавицы, предохранительные монтажные пояса, страховочные канаты).

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

### ИЗУЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ПЕРВИЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

#### 1. Цель и задачи работы

*Цель работы:* ознакомиться с назначением, устройством и принципом действия средств пожарной сигнализации.

*Задачи работы:* изучить устройство, принцип действия и область применения различных типов огнетушителей.

#### 2. Теоретические сведения

##### 2.1. Общие положения

Горение – это физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, сопровождающийся выделением тепла и излучением света. Необходимым условием возникновения горения является наличие горючего материала, окислителя и теплового импульса.

Пожар – это неорганизованное и неуправляемое горение, в результате которого уничтожаются материальные ценности и создается угроза для жизни людей.

Опасными факторами, воздействующими на людей при пожаре, являются: открытый огонь; искры; повышенная температура воздуха, предметов и т.п.; токсичные продукты горения; дым; пониженная концентрация кислорода; обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок; взрывы.

##### 2.2. Пожарная связь и сигнализация

Электрическая пожарная сигнализация (ЭПС) – комплекс технических средств для обнаружения пожара и оповещения о месте его возникновения.

ЭПС состоит из четырех основных частей: 1) извещателей, устанавливаемых в цехах, отделениях, складах и т.п.; 2) приемной станции, находящейся в дежурной комнате пожарной команды; 3) линии связи; 4) источника постоянного тока для питания электросигнализации.

В зависимости от схемы соединения извещателей с приемной станцией ЭПС может быть лучевой (радиальной) или шлейфной (кольцевой).

В лучевой системе ЭПС каждый извещатель соединен с приемной станцией двумя проводами, образующими отдельный луч. При нажатии на кнопку одного из этих ручных извещателей или срабатывании автоматического извещателя на приемной станции возникает сигнал, указывающий номер луча, т.е. место пожара. Приемный аппарат (типа ТЛЮ-10) по устройству похож на телефонный коммутатор.

В шлейфной системе все извещатели соединены с приемной станцией последовательно одним общим проводником. При срабатывании извещателя, кроме звукового или светового сигнала тревоги, на ленте приемного аппарата записыва-

ется номер извещателя, время и дата поступления сигнала и производится автоматическая трансляция сигнала тревоги на центральную станцию. В случае возникновения повреждения в сети оно отмечается на станции особым сигналом. В последнее время значительно уменьшается производство установок пожарной сигнализации с ручным пуском, и из-за невысокой надежности прекратилось изготовление шлейфной системы ЭПС.

Пожарные извещатели представляют собой устройства для подачи электрического сигнала о пожаре на пункт охраны.

Выделяют следующие типы чувствительных элементов пожарных автоматических извещателей: *тепловые* – реагируют на повышение температуры (термоизвещатели); *световые* – реагируют на открытый огонь (искры, пламя); дымовые – реагируют на возникновение дыма.

Термоизвещатели по принципу действия делятся:

- максимальные – срабатывают при достижении контролируемых параметров (дыма, температуры, излучения) определенного значения;
- дифференциальные – реагируют на скорость изменения контролируемого параметра;
- максимально-дифференциальные – реагируют как на достижение контролируемого параметра заданной величины, так и на скорость его изменения.

### ***2.3. Методы прекращения горения***

Для прекращения горения должно быть обеспечено выполнение хотя бы одного из следующих условий:

- 1) изоляция очага горения от воздуха или снижение в воздухе концентрации кислорода путем введения в воздух негорючих газов;
- 2) охлаждение очага горения ниже температуры воспламенения (самовоспламенения);
- 3) интенсивное торможение (ингибирование) скорости химических реакций в пламени;
- 4) механический срыв пламени в результате воздействия на него струей воды или инертного газа.

### ***2.4. Огнетушащие вещества***

Огнетушащие вещества (ОВ) – это вещества, обладающие физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

В соответствии со способами прекращения горения огнетушащие вещества подразделяются на:

- охлаждающие,
- разбавляющие,
- изолирующие,
- ингибирующие.

Строго разделить огнетушащие вещества по этим признакам не представляется возможным, т. к. все они обладают комбинированным воздействием при наличии доминирующего свойства.

В настоящее время широко используются следующие огнетушащие вещества:

- вода,
- вода с добавками,
- пена (химическая или воздушно-механическая),
- огнетушащие порошки,
- углекислый газ,
- галоидированные углеводороды.

**Вода** – жидкость при температуре от 0 до 100 °С. Основным способом воздействия на горение – охлаждение. Обладает вторичным эффектом – при превращении в пар изолирует очаг пожара и снижает содержание кислорода в зоне горения.

Способы подачи: компактная или распыленная струя.

**Вода с добавками.** С целью улучшения свойств и повышения эффективности тушения в воду добавляют различные вещества. Для снижения поверхностного натяжения применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ): (пенообразователи, сульфанола и др.). Для повышения вязкости применяют загущающие добавки, например, натрий-карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ).

**Пена** – дисперсная система, состоящая из ячеек – пузырьков газа, разделенных пленками жидкости. Основным способом воздействия на горение – изоляция очага горения. Дополнительный – охлаждение за счет имеющейся воды.

По способу получения пены разделяются на химические и воздушно-механические. Химическая пена образуется в результате химической реакции между щелочной и кислотной частями заряда. Воздушно-механическая пена образуется в результате механического распыления раствора пенообразователя и его смешивания с воздухом в пеногенераторах

Пены разделяются по кратности (отношение объема пены к объему раствора, из которого она получена) на пены низкой кратности (до 10), средней (10-200), высокой (более 200).

**Огнетушащие порошки** – мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками. Основным способом воздействия на горение – ингибирование. Дополнительные эффекты: разбавление паров горючего топлива, создание условий огнепреграждения, охлаждение.

Огнетушащие порошки разделяются на порошки общего и специального назначения.

Огнетушащие порошки общего назначения применяются для тушения пожаров классов А, Б, С и электрооборудования под напряжением (за исключением ПСБ-3, который не предназначен для тушения пожара класса А).

Огнетушащие порошки специального назначения применяются для тушения пожаров горючих металлов. Способ воздействия – изоляция горячей поверхности от окружающего воздуха.

**Углекислый газ** – бесцветный газ без запаха и вкуса при 0 °С и 760 мм. рт. ст. Температура замерзания минус 56.6 °С. Критическая температура: минус 31 °С.

Основной способ воздействия на горение – разбавление парогазовоздушной смеси горючих паров и газов с воздухом (кислородом), дополнительный – охлаждение (твердый диоксид углерода).

**Галогенированные углеводороды** – вещества, основными компонентами которых являются бромистый этил, бромистый метил, дибромтетрафторэтан и др. Они состоят из атомов углерода, водорода, галогенов фтора, хлора, брома и йода. В практике пожаротушения применяются главным образом бромфторхлорпроизводные метана и этана, которые имеют промышленные названия *фреоны* или *хладоны*. Основной способ воздействия на горение – ингибирование, дополнительный – разбавление.

## 2.5. Огнетушители

Огнетушитель – это переносное или передвижное устройство для тушения очагов пожара за счет выпуска запасенного огнетушащего вещества.

Огнетушители подразделяются:

по способу транспортирования на:

-переносные (ручные и ранцевые),

-передвижные;

по виду огнетушащего вещества на:

-водные,

-пенные (воздушно-пенные и химические пенные),

-порошковые.

-углекислотные,

-хладоновые,

-комбинированные;

по способу создания избыточного давления:

-за счет сжатого газа, находящегося: а) в баллоне высокого давления; б) в корпусе огнетушителя (такие огнетушители получили название закачных);

- за счет сжатого газа, образующегося в результате химической реакции: а) компонентов газогенерирующего устройства; б) компонентов огнетушащего вещества (химические пенные огнетушители).

Огнетушитель состоит: из корпуса для хранения огнетушащего вещества или компонентов для его получения; устройства подготовки огнетушащего вещества и подачи его на очаг пожара; устройств, предохраняющих от превышения давления сверх допустимого и от случайного срабатывания; источника избыточного давления (сжатый газ может находиться в корпусе огнетушителя).

Общий принцип работы огнетушителей заключается в создании избыточного давления в корпусе (за исключением закачных), под действием которого огнетушащее вещество подается на очаг пожара.

Конструкция огнетушителя зависит от вида огнегасительного вещества и способа его вытеснения.

**Огнетушитель химический пенный (ОХП-10):** длина струи достигает 6 метров, продолжительность действия 60 с, масса огнетушителя – 14 кг, температурный режим эксплуатации: +5... +45 °С. Средний срок службы – 8 лет.

В качестве огнегасительного вещества в этом огнетушителе применяется химическая пена, получаемая в результате реакции взаимодействия щелочной и кислотной частей. После приведения огнетушителя в действие эти части заряда смешиваются, образуя большое количество мелких пузырьков углекислого газа, отделенных друг от друга тонкими пленками жидкости.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожара, прочистить сливное отверстие гвоздиком (проволочкой).
2. Поднять рукоятку вверх и перекинуть до отказа.
3. Опрокинуть огнетушитель вверх дном и встряхнуть, направляя струю в огонь.

Особенности:

1. Замерзает и становится непригодным при температуре 0 °С.
2. Необходимо ежегодно перезаряжать.
3. Имеет невысокую огнетушащую способность.
4. Нельзя применять для тушения электроустановок под напряжением.
5. Следует предохранять от попадания прямых солнечных лучей и от действия нагревательных приборов.

Огнетушитель ОХП-10 уже снят с производства, но тем не менее такие огнетушители еще достаточно широко используются населением.

**Огнетушитель воздушно-пенный (ОВП-10):** длина струи – 4 м, продолжительность действия – 45 с, масса огнетушителя с зарядом – 13 кг; температурный режим эксплуатации: +3...+ 50 °С. Эффективность действия в 2,5 раза выше, чем у ОХП-10. Средний срок службы – 8 лет

В качестве заряда в огнетушителях этого типа используется 5 %-ный раствор пенообразователя ПО-1, который в очаг пожара подается сжатым рабочим газом (диоксидом углерода, азота или воздухом), находящимся в баллоне внутри корпуса огнетушителя.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожара.
2. Выдернув чеку, взять в руки шланг с насадкой и направить в огонь.
3. Нажать на спусковой рычаг (кнопку) и отпустить. Держать в строго вертикальном положении, *не переворачивать*.

Особенности:

1. Пенообразователь (комплект заряда) чувствителен к нефтепродуктам. Так при содержании в пенообразователе 1% керосина, бензина и т.п. пенообразующие свойства теряются.

2. Заряд обладает высокой коррозионной активностью.

3. Нельзя применять для тушения электроустановок под напряжением.

**Огнетушитель углекислотный (ОУ-5):** длина струи до 4,5 м, масса заряда –

3,5 кг, масса огнетушителя с зарядом – 13 кг, продолжительность действия – 15 с. Средний срок службы – 11 лет.

В качестве заряда в углекислотных огнетушителях применяют сжиженный диоксид углерода под давлением 7 МПа, заполняющий баллон на 3/4 объема, остальная часть заполнена газообразным диоксидом.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожара.
2. Сорвать пломбу, выдернуть чеку, нажать на курок затвора (либо поднять рычаг кверху), затем повернуть маховичок вентиля до упора, одновременно направив в очаг пожара струю из раструба огнетушителя.

3. При тушении пожара огнетушитель держать строго в вертикальном положении, *не переворачивать*.

Особенности:

Необходимо соблюдать осторожность при выпуске заряда из раструба, т. к. температура его поверхности понижается до минус 60-70 °С.

На поверхности раструба может концентрироваться электростатическое напряжение, способное пробить диэлектрическую перчатку.

Предохранять от действия прямых солнечных лучей и нагревательных приборов.

Огнетушитель подлежит периодической проверке один раз в полгода на герметичность и соответствие веса паспортным данным. Если вес баллона ниже предусмотренного техническими характеристиками или истек срок освидетельствования баллона, он подлежит проверке и перезарядке на специализированной станции перезарядки и технического обслуживания

**Огнетушитель порошковый (ОП-5, ОП-10, ОПУ-2):** длина струи ОП-5 до 5 м, масса заряда ОП-5 – 5 кг, ОП-10 – 10 кг, время выброса ОП-5 – 15 с, ОП-10 – 20 с, ОПУ-2 – 8 с, температурный интервал эксплуатации: -40 ... + 50 °С. Средний срок службы в зависимости от марки и материала корпуса 5-10 лет.

Порошок из корпусов огнетушителей выбрасывается избыточным давлением рабочего газа (воздуха, азота, диоксида-углерода), находящихся в баллончике внутри огнетушителя.

При пожаре нужно:

1. Поднести огнетушитель к очагу пожарам
2. Сорвать пломбу, выдернуть чеку.
3. Нажать на пусковой рычаг, направить на пламя.

**Комбинированный огнетушитель (химический, воздушно-пенный ОХВП-10).**

По своей конструкции, назначению и тактико-техническим параметрам аналогичен огнетушителю ОХП-10.

## ***2.6. Тактические приемы применения огнетушителей***

Успешное использование огнетушителей зависит от правильных тактических приемов применения. Переносные огнетушители содержат ограниченное количество огнетушащего вещества и, как правило, непрерывная подача производится в течение короткого промежутка времени; вследствие че-



го ошибки, допущенные при применении, исправить не представляется возможным.

Классификация пожаров приведена в Приложении 1.

**Водные огнетушители применяются для тушения пожаров класса А.**

Струю воды необходимо подавать в основание очага пожара, манипулируя насадком для охвата горячей поверхности; после того, как пламя сбито, можно приблизиться и продолжать манипулировать насадком и, подавая воду небольшими порциями, покрыть максимально возможную площадь, потушив отдельные очаги пожара.

После окончания тушения при наличии огнетушащего вещества следует продолжить подачу с целью охлаждения поверхности.

**Пенные огнетушители применяются для тушения пожаров классов А и В.**

При тушении пожаров класса А пену необходимо подавать так, чтобы создавался слой, покрывающий горящие поверхности.

При тушении пожаров класса В пена должна подаваться аккуратно, на горящую жидкость, которая при этом не разбрызгивается.

При тушении жидкости в емкости в первоначальный момент пену подают на задний внутренний борт, а затем с разных направлений, стремясь покрыть пеной всю площадь.

При тушении разлива подают струю на поверхность горения вокруг, создавая преграду для распространения огня.

Порошковые огнетушители применяются для тушения пожаров классов А (кроме огнетушителей с порошком ПСБ-3), В, С и электрооборудования под напряжением.

При тушении пожаров класса А огнетушащий порошок необходимо подавать в очаг пожара, перемещая струю из стороны в сторону с целью сбить пламя. После того как пламя сбито, надо приблизиться и покрыть все поверхности, горящего вещества и особенно отдельные очаги слоем порошка, подавая его прерывистыми порциями.

При тушении пожаров класса В струю порошка вначале подают на ближайший край, передвигая насадок из стороны в сторону для покрытия пожара по всей ширине. Подачу порошка производить непрерывно при полностью открытом клапане, передвигаясь вперед и не оставляя сзади и по бокам непотушенные участки, стремясь постоянно поддерживать в зоне горения порошковое облако.

При тушении пожаров класса С струю огнетушащего порошка необходимо направить в струю газа почти параллельно газовому потоку должна направляться непосредственно в источник пламени.

До начала тушения обесточить электрооборудование.

**Углекислотные огнетушители применяются для тушения пожаров класса В и электрооборудования.**

При тушении пожаров класса В растроб должен быть направлен в основание очага пожара, находящегося ближе всего к оператору. Во время тушения

оператору необходимо совершать движения раструбом из стороны в сторону, продвигаясь вперед.

При тушении электрооборудования тактика аналогична применению порошковых огнетушителей.

**Хладонные огнетушители применяются для тушения пожаров класса В и электрооборудования.**

Тактика их применения аналогична тактике применения углекислотных огнетушителей.

**При применении всех типов огнетушителей необходимо соблюдать следующие общие правила безопасности:**

- при обнаружении пожара подать сигнал тревоги и оповестить пожарную охрану;
- не проходить мимо пожара в поисках огнетушителя, так как тупиковое помещение может оказаться для вас ловушкой;
- при тушении электрооборудования, находящегося под напряжением, необходимо, чтобы расстояние от электрооборудования до насадка (раструба) огнетушителя было не менее 1 метра;
- тушение производить с наветренной стороны;
- оставлять свободным путь эвакуации;
- при неудачном тушении немедленно покинуть помещение и ожидать помощи.

Ваше знание обстановки поможет пришедшим на помощь;

- при тушении одновременно несколькими огнетушителями не производить тушение струями огнетушащего вещества, направленными навстречу друг другу;
- после окончания тушения отход необходимо производить находясь лицом к очагу;
- при наличии запасного огнетушителя с огнетушащим веществом охлаждающего действия произвести обработку нагретых поверхностей с целью предупреждения повторного воспламенения.

## Классификация пожаров по ГОСТ 27331-87

«Пожарная техника. Классификация пожаров»

Класс пожара	Символ класса пожара	Характеристика класса
A		Горение твердых веществ
B		Горение жидких веществ
C		Горение газообразных веществ (например, бытовой газ, водород, пропан)
D		Горение металлов
(E)		Горение электроустановок

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРВИЧНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ (по ППБ-01-03)

1. При определении видов и количества первичных средств пожаротушения следует учитывать физико-химические и пожароопасные свойства горючих веществ, их отношение к огнетушащим веществам, а также площадь производственных помещений, открытых площадок и установок.

2. Асбестовые полотна, грубошерстные ткани и войлок размером не менее 1х1м предназначены для тушения небольших очагов пожаров при воспламенении веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха. В местах применения и хранения ЛВЖ и ГЖ размеры полотен могут быть увеличены (2 х 1,5; 2 х 2 м).

Каждое из перечисленных средств следует применять для тушения пожаров классов А, В, Д, (Е), из расчета одно на каждые 200 м<sup>2</sup> площади.

3. В соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.009-83 бочки для хранения воды должны иметь объем не менее 0,2 куб. м и комплектоваться ведрами. Ящики для песка должны иметь объем 0,5; 1,0 и 3 куб. м и комплектоваться совковой лопатой по ГОСТ 3620 - 76.

4. Емкости для песка, входящие в конструкцию пожарного стенда, должны быть вместимостью не менее 0,1 м<sup>3</sup>. Конструкция ящика должна обеспечивать удобство извлечения песка и исключать попадание осадков.

5. Комплектование технологического оборудования огнетушителями осуществляется согласно требованиям технических условий (паспортов) на это оборудование или соответствующим правилам пожарной безопасности.

6. Комплектование импортного оборудования огнетушителями производится согласно условиям договора на его поставку.

7. Выбор типа и расчет необходимого количества огнетушителей следует производить в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, класса пожара горючих веществ и материалов в защищаемом помещении или на объекте согласно ИСО № 3941-77:

класс А – пожары твердых веществ, в основном органического происхождения, горение которых сопровождается тлением (древесина, текстиль, бумага);

класс В – пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ;

класс С – пожары газов;

класс Д – пожары металлов и их сплавов;

класс (Е) – пожары, связанные с горением электроустановок.

Выбор типа огнетушителя (передвижной или ручной) обусловлен размерами возможных очагов пожара. При их значительных размерах необходимо использовать передвижные огнетушители.

8. Выбирая огнетушитель с соответствующим температурным пределом использования, необходимо учитывать климатические условия эксплуатации зданий и сооружений.

9. Если возможны комбинированные очаги пожара, то предпочтение при выборе огнетушителя отдается более универсальному по области применения.

10. Для предельной площади помещений разных категорий (максимальной площади, защищаемой одним или группой огнетушителей) необходимо предусматривать число огнетушителей одного из типов, указанное в табл. 1 и 2 перед знаком

«++» или «+».

11. В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должны размещаться не менее двух ручных огнетушителей.

12. Помещения категории Д могут не оснащаться огнетушителями, если их площадь не превышает 100 м<sup>2</sup>.

При наличии нескольких небольших помещений одной категории пожарной опасности количество необходимых огнетушителей определяется согласно п. 17 и табл. 1 и 2 с учетом суммарной площади этих помещений.

14. Огнетушители, отправленные с предприятия на перезарядку, должны заменяться соответствующим количеством заряженных огнетушителей.

15. При защите помещений ЭВМ, телефонных станций, музеев, архивов и т.д. следует учитывать специфику взаимодействия огнетушащих веществ с защищаемым оборудованием, изделиями, материалами и т.п. Данные помещения следует оборудовать хладоновыми и углекислотными огнетушителями с учетом предельно допустимой концентрации огнетушащего вещества.

16. Помещения, оборудованные автоматическими стационарными установками пожаротушения, обеспечиваются огнетушителями на 50 %, исходя из их расчетного количества.

17. Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать 20 м для общественных зданий и сооружений; 30 м для помещений категорий А, Б и В; 40 м для помещений категорий В и Г; 70 м для помещений категории Д.

18. На объекте должно быть определено лицо, ответственное за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения.

Учет проверки наличия и состояния первичных средств пожаротушения следует вести в специальном журнале произвольной формы.

19. Каждый огнетушитель, установленный на объекте, должен иметь порядковый номер, нанесенный на корпус белой краской. На него заводят паспорт по установленной форме.

20. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезарядиться.

21. В зимнее время (при температуре ниже 1 °С) огнетушители необходимо хранить в отапливаемых помещениях.

22. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, проходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Их следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 м.

23. Асбестовое полотно, войлок (кошму) рекомендуется хранить в металлических футлярах с крышками, периодически (не реже 1 раза в три месяца) просушивать и очищать от пыли.

24. Для размещения первичных средств пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории объектов должны оборудоваться пожарные щиты (пункты).

25. Использование первичных средств пожаротушения для хозяйственных и прочих нужд, не связанных с тушением пожара, не допускается.

Таблица 1

Нормы оснащения помещений переносными огнетушителями

Категория помещения (по НПБ 105-95)	Пределная защищаемая площадь, м <sup>2</sup>	Класс пожара	Пенные и водные огнетушители вместимостью 10 л	Порошковые огнетушители вместимостью, л			Хладоновые огнетушители вместимостью 2(3)л	Углекислотные огнетушители вместимостью, л	
				2	5	10		2	5 (8)
А, Б, В (горючие газы и жидкости)	200	А	2++	-	2+	1++	-	-	-
		В	4+	-	2+	1++	4+	-	-
		С	-	-	2+	1++	4+	-	-
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		Е	-	-	2+	1++	-	-	2++
В	400	А	2++	4	2+	1+	-	-	-
		Д	-	+	2+	1++	-	-	2+
		Е	-	-	2+	1+	2+	4+	-
Г	800	В	2+	-	2+	1+	-	-	-
		С	-	4	2+	1+	-	-	-
Г, Д	1800	А	2++	4	2+	1+	-	-	-
		Д	-	+	2+	1++	-	-	-
		Е	-	2	2+	1+	2+	4+	2++
Общественные здания	800	А	4++	8	4+	2+	-	-	4+
		Е	-	+	4+	2+	4+	4+	2++

Таблица 2

## Нормы оснащения помещений передвижными огнетушителями

Категория помещения	Пределная защищаемая площадь, м <sup>2</sup>	Класс пожара	Воздушно-пенные и огнетушители вместимостью 100 л	Комбинированные огнетушители (пена-порошок) вместимостью 100 л	Порошковые огнетушители вместимостью, 100 л	Углекислотные огнетушители вместимостью, л	
						25	80
А, Б, В (горючие газы и жидкости)	500	А	1++	1++	1++	-	3+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		Е	-	-	1+	2+	1++
В (кроме горючих газов и жидкостей), Г	800	А	1++	1++	1++	4+	2+
		В	2+	1++	1++	-	3+
		С	-	1+	1++	-	3+
		Д	-	-	1++	-	-
		Е	-	-	1+	1++	1+

*Примечания:*

1. Для тушения очагов пожара различных классов порошковые огнетушители должны иметь соответствующие заряды:

для класса А – порошок типа АВСЕ;

для классов В, С и Е – типа ВСЕ или АВСЕ;

для класса Д – типа Д.

3. Знаком «++» отмечены рекомендуемые к оснащению объектов огнетушители; знаком «+» огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых или при соответствующем обосновании; знаком «-» огнетушители, которые не допускаются для оснащения данных объектов.

Таблица 3

## Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1 – В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г невзрывопожароопасная	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д непожароопасная	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

**3. Задание на работу**

В отчете должны быть приведены данные о применяемых огнетушащих веществах с указанием основного и дополнительного тушащего эффекта и области применения каждого из них.

В соответствии с ППБ-01-03 ( Приложение 2) определите количество огнетушителей для тушения возможного возгорания в помещении общественного здания площадью 180 м<sup>2</sup>. Пожарная нагрузка – деревянные полы, хлопчатобумажные шторы, деревянные столы.

Подготовить письменные ответы на контрольные вопросы.



#### *4. Контрольные вопросы*

1. Что называется пожаром, горением?
2. Необходимое условие возникновения горения.
3. Системы электрической пожарной сигнализации.
4. Устройство лучевой и шлейфной ЭПС.
5. Достоинства и недостатки радиальной и кольцевой ЭПС.
6. Методы прекращения горения.
7. Огнетушащие вещества, область применения каждого из них.
8. Классификация огнетушителей по виду огнегасительного вещества.
9. Принцип действия огнетушителей: ОХП, ОВП, ОУ, ОП.
10. Классификация пожаров.
11. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

### ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ С ВЫБРОСОМ СИЛЬНОДЕЙСТВУЮЩИХ ЯДОВИТЫХ ВЕЩЕСТВ

#### 1 Методика оценки химической обстановки.

Под химической обстановкой понимают масштабы и степень зараженности местности сильно действующими ядовитыми веществами (СДЯВ), оказывающие отрицательное влияние на деятельность объектов народного хозяйства, жизнедеятельность населения и окружающую среду. Оценка химической обстановки проводится с целью принятия необходимых мер и проведения наиболее целесообразных действий. Исключающих поражение людей. Исходными данными для оценки химической обстановки являются:

- тип и количество СДЯВ;
- условия хранения и характер выброса;
- метеоусловия (скорость ветра, температура воздуха, степень вертикальной устойчивости атмосферы);
- степень защищенности людей.

Оценка химической обстановки проводится методом прогнозирования с последующим уточнением прогноза химической разведкой.

Оценивая химическую обстановку, решают следующие задачи:

Определение площади зоны возможного и фактического заражения.

Определение продолжительности поражающего действия СДЯВ.

Определение возможных потерь людей, оказавшихся об очаге поражения.

При решении этих задач принимаются следующие допущения:

а) глубина зоны заражения в зависимости от физических свойств и агрегатного состояния СДЯВ рассчитывается для сжатых газов только по первичному облаку, для жидкостей - только по вторичному облаку, а для сжиженных - по первичному и вторичному облакам совместно;

б) расчет глубины зоны заражения ведется по пороговой токсодозе (за глубину зоны заражения принимается радиус пороговой зоны заражения);

в) при заблаговременном прогнозе за величину выброса СДЯВ принимается количество СДЯВ, хранящегося в наибольшей емкости, и наилучшие метеоусловия (скорость ветра, равная 1м/с, инверсия, температура воздуха 20°С);

г) при прогнозе обстановки после аварии принимаются конкретные данные о количестве выброшенного СДЯВ и реальные метеоусловия;

д) толщина слоя жидкости для СДЯВ, разлившихся свободно, принимается 0,05м;

е) толщина слоя жидкости для СДЯВ, разлившихся в поддон или обваловку, определяется по формуле:

$$h = H - 0,2м,$$

где: H - высота обваловки;

ж) при авариях на газо- и продуктопроводах величина выброса принимается равной максимальному количеству СДЯВ находящегося в трубопроводе между двумя автоматическими отсекающими (для аммиакопроводов  $Q_0 = 275-500$  тонн);

з) предельное время правильности метеоданных, а, следовательно, и правильности прогноза - 4 часа.

Оценка химической обстановки проводится в следующей последовательности:

#### 1.1 Определение степени вертикальной устойчивости атмосферы.

Различают три степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию и конвекцию. При инверсии нижние слои воздуха холоднее верхних, что препятствует рассеиванию его по высоте и обеспечивает длительное сохранение высоких концентраций зараженного воздуха. Она наиболее характерна для пасмурной погоды. Изотермия также как и ин-

версия способствует длительному застою паров СДЯВ на местности, в лесу, и жилых кварталах населенных пунктов. Конвекция - это вертикальное перемещение слоев воздуха с одних высот на другие. Более тёплый воздух перемещается вверх, а более холодный - вниз. При конвекции наблюдаются восходящие потоки воздуха, что способствует быстрому рассеиванию заражённого облака и уменьшению его поражающего действия. Степень вертикальной устойчивости атмосферы определяется по данным прогноза погоды с помощью следующей схемы.

Скорость ветра, (м/с)	НОЧЬ			ДЕНЬ		
	ясно	полумясно	пасмурно	ясно	полумясно	пасмурно
0,5...1,0	<i>инверсия</i>			<i>конвекция</i>		
1,1...2,0						
2,1...4,0						
Более 4,0	<i>изотермия</i>					

## 1.2 Определение количественных характеристик выброса.

Количественные характеристики выброса СДЯВ определяются по их эквивалентным значениям. Под эквивалентным количеством СДЯВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения данным количеством другого СДЯВ, перешедшим в первичное или вторичное облако. Эквивалентное количество СДЯВ, перешедшего в первичное облако, определяется по формуле (1), а во вторичное облако - по формуле (2).

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0 \quad (1)$$

$$Q_{\Sigma 2} = \frac{(1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_0}{h \cdot d} \quad (2)$$

где:  $K_1$  - коэффициент, зависящий от условий хранения; (таблица 1)

$K_2$  - коэффициент, характеризующий физико-химические свойства СДЯВ;  $K_3$  - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе данного СДЯВ;

$K_4$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра;

$K_5$  - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы;

$K_6$  - коэффициент, учитывающий время, прошедшее после аварии;

$K_7$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха;  $Q_0$  - количество выброшенного при аварии СДЯВ ( $\tau$ );

$h$  - толщина слоя разлившегося СДЯВ (м);

$d$  - плотность выброшенного СДЯВ ( $\tau/\text{м}^3$ );

Примечание:

Коэффициенты  $K_1, K_2, K_3, K_7$  и плотность СДЯВ приведены в таблице 1. Коэффициент  $K_4$  - в таблице 3.2. Коэффициент  $K_5$ : для инверсии равен 1, для изотермии - 0,23, а для конвекции - 0,08. Коэффициент  $K_6$  рассчитывается по формуле:

$$K_6 = N^{0,8}, \text{ если } N < T \text{ (таблица 5)}$$

$$K_6 = T^{0,8}, \text{ если } T < N$$

где:  $N$  - время после аварии;

$T$  - время полного испарения СДЯВ, определяемое по формуле:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}$$

Примечания:

- Для сжатых газов  $K_1 = K_7 = 1$ .
- Если  $T < 1$  часа, то считают  $T = 1$  часу и  $K_6 = 1$ .

- $K_7$  - в числителе для первичного облака, а в знаменателе - для вторичного.

### 1.3 Определение глубины зоны заражения первичным (вторичным) облаком.

Определение глубины зоны заражения проводится отдельно для первичного  $\Gamma_1$  и вторичного облака  $\Gamma_2$  по таблице 4. Точное значение глубины находится методом линейной интерполяции.

### 1.4 Определение полной глубины зоны заражения.

Полная глубина зоны заражения определяется по формуле:

$$\Gamma_n = \Gamma' + 0,5\Gamma'' \text{, где}$$

$\Gamma'$  - наибольший, а  $\Gamma''$  - наименьший размер глубины зоны заражения первичным или вторичным облаком.(таблица 3)

### 1.5 Определение предельно возможной глубины переноса зараженного облака.

Предельно возможная глубина переноса зараженного облака рассчитывается по формуле:

$$\Gamma_{np} = N \cdot W,$$

Где  $N$  — время после аварии;

$W$  — скорость переноса фронта зараженного воздуха.(таблица 4)

### 1.6 Определение глубины зоны заражения.

За глубину зоны заражения  $\Gamma$  принимается меньшая из величин:  $\Gamma_n$  и  $\Gamma_{np}$

### 1.7 Определение площади зоны возможного заражения.

Площадь зоны возможного заражения определяется по формуле:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot a,$$

где  $a$  — угловой размер зоны возможного заражения, зависящий от скорости ветра:

При скорости ветра:

$$\begin{aligned} V < 0,6 \text{ м/с,} & \quad a = 360^\circ \\ V = 0,6 - 1,0 \text{ м/с,} & \quad a = 180^\circ \\ V = 1,1 - 2,0 \text{ м/с,} & \quad a = 90^\circ \\ V > 2,0 \text{ м/с,} & \quad a = 45^\circ \end{aligned}$$

### 1.8 Определение площади зоны фактического заражения.

Площадь зоны фактического заражения определяется по формуле:

$$S_\phi = K_S \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}$$

где  $K_S$  - коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы.

$K_S = 0,081$  для инверсии;

$K_S = 0,133$  для изотермии;

$K_S = 0,295$  для конвекции.

### 1.9 Нанесение зоны возможного заражения на карту (схему) района.

Зона возможного заражения (рис.1) изображается в виде сектора, окрашенного жёлтым цветом, с углом  $\alpha$ , симметричным относительно направления приземного ветра.

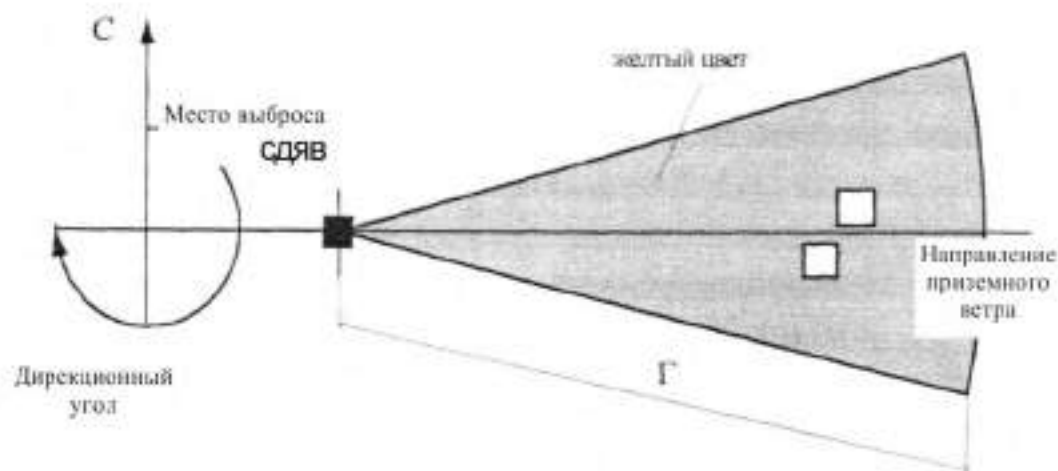


Рис. 1 Зона возможного заражения, масштаб: в 1 см - х км.  
Радиус сектора равен оцененной глубине и откладывается в масштабе.

Таблица 1

Характеристики СДЯВ и коэффициенты.

Наименование СДЯВ	Аммиак	Хлор	Соляная кислота
Плотность (т/м <sup>3</sup> )			
-газ	0,0008	0,0032	
-жидкость	0,6810	1,5580	1,198
$K_1$			
-газ	1	1	
-жидкость	0,01	0,18	0
$K_2$	0,025	0,052	0,021
$K_3$	0,04	1,0	0,3
$K_7$			
-40 °С	0/0,9	0/0,9	0
-20 °С	0,3/1	0,3/1	0,1
0 °С	0,9/1	0,6/1	0,3
+20 °С	1/1	1/1	1,0
+40 °С	1,4	1,4	1,6

Таблица 2

Значение коэффициента  $K_4$

Скорость ветра (м/с)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_4$	1	1,33	1,67	2,00	2,34	2,67	3,00	3,34	3,67	4,00

Таблица 3

Глубина зоны возможного заражения СДЯВ.

Эквивалентное количество СДЯВ(г)	Скорость ветра (м/с)				
	1	2	3	4	5
0,01	0,38	0,26	0,22	0,19	0,17
0,05	0,85	0,59	0,48	0,42	0,38
0,1	1,25	0,84	0,68	0,59	0,53
0,5	3,16	1,92	1,53	1,33	1,19
1,0	4,75	2,84	2,17	1,88	1,68
3,0	9,18	5,35	3,99	3,28	2,91
5,0	12,53	7,20	5,34	4,36	3,75
10,0	19,20	10,83	7,96	6,43	5,53
20,0	29,56	16,44	11,94	9,62	8,19
30,0	38,13	21,02	15,18	12,18	10,33
50,0	52,67	28,73	20,53	16,43	13,88
70,0	65,23	35,35	25,21	20,05	16,89
100,0	81,90	44,09	31,30	24,80	20,82
300,0	166	87,79	61,47	48,18	40,11
500,0	231	121	84,50	65,92	54,67
1000,0	363	189	130	101	83,60

Таблица 4

Скорость переноса заражённого воздуха.

Скорость ветра (м/с)	Скорость переноса (км/час )		
	Инверсия	изотермия	Конвекция
1	5	6	7
2	10	12	14
3	16	18	21
4	21	24	28
5		29	
6		35	
7		41	
8		47	
9		53	
10		59	
11		65	
12		71	
13		76	
14		82	
15		88	

Таблица 5

Значения  $N^{0,2}$  и  $N^{0,8}$   $N^{0,8}$ 

$N$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N^{0,2}$	1	1,15	1,25	1,32	1,43	1,46	1,48	1,52	1,55	1,58
$N^{0,8}$	1	1,74	2,40	3,03	3,62	4,19	4,74	5,27	5,79	6,30

**2 Задание.**

На химическом комбинате произошла авария с выбросом СДЯВ в окружающую среду. Оценить химическую обстановку через  $N$  часов после аварии. Наметьте меры для защиты населения посёлка Петрово, расположенного на оси зоны возможного заражения на расстоянии 12,5 км от места аварии.

Количество и тип выброшенного СДЯВ, условия хранения, высота обваловки, время аварии, погодные условия, скорость и направление ветра, температура воздуха, время после аварии приведены в таблице 3.6 для варианта, указанного преподавателем.

Таблица 6

Исходные данные.

Вариант	Тип СДЯВ	Количество СДЯВ (т)	Условия хранения	Высота обваловки (м)	Скорость ветра (м/с)	Направление ветра (град)	Температура воздуха (°C)	Время аварии	Погодные условия	Время после аварии (ч)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Аммиак	160	газ	-	5	30	0	2 <sup>00</sup>	ясно	3
	Солян. кисл.	300	жидк.	-	-	90	+20	16 <sup>00</sup>	пасм.	6
	Хлор	200	сж. газ	3	2	150	-20	14 <sup>00</sup>	ясно	4
2	Солян. кисл.	25	жидк.	-	4	50	+20	3 <sup>00</sup>	пасм.	5
	Хлор	16,2	Газ	-	1	270	0	12 <sup>00</sup>	п/я	2
	Аммиак	180	сж. газ	4	3	70	-20	2 <sup>00</sup>	ясно	4
3	Аммиак	170	газ	-	2	90	0	1 <sup>00</sup>	ясно	
	Солян. кисл.	120	жидк.	2	2	0	+20	15 <sup>00</sup>	пасм.	5
	Хлор	55	сж. газ	5	1	180	-20	0 <sup>00</sup>	п/я	3
4	Хлор	18	газ	-	2	90	0	0 <sup>00</sup>	пасм.	2
	Солян. кисл.	250	жидк.	4	5	270	+20	14 <sup>00</sup>	ясно	4
	Аммиак	1000	сж. газ	-	1	135	0	16 <sup>00</sup>	п/я	5
5	Аммиак	1000	газ	-	2	170	+20	18 <sup>00</sup>	ясно	2
	Солян. кисл.	50	жидк.	-	3	255	-20	2 <sup>00</sup>	ясно	4
	Хлор	375	сж. газ	4,8	4	360	0	11 <sup>00</sup>	пасм.	3
6	Хлор	90	газ	-	3	0	0	14 <sup>00</sup>	ясно	4
	Солян. кисл.	320	жидк.	4,1	4	35	+20	6 <sup>00</sup>	п/я	4
	Аммиак	530	сж. газ	-	1	190	-20	2 <sup>00</sup>	пасм.	5
7	Аммиак	25	газ	-	1	180	-20	0 <sup>00</sup>	ясно	2
	Солян. кисл.	175	жидк.	4	3	30	0	4 <sup>00</sup>	пасм.	4
	Хлор	265	сж. газ	3	5	260	+20	12 <sup>00</sup>	п/я	3
	Хлор	45	сж. газ	4	1	0	+20	0 <sup>00</sup>	ясно	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	Солян. кисл.	120	жидк.	-	4	70	0	14 <sup>00</sup>	пвсм.	2
	Аммиак	530	газ	-	2	190	-20	17 <sup>00</sup>	п/я	1
9	Солян. кисл.	60	жидк.	1,2	2	170	0	17 <sup>00</sup>	ясно	5
	Хлор	140	сж. газ	-	1	35	+20	14 <sup>00</sup>	п/я	6
	Аммиак	160	газ	-	5	95	-20	0 <sup>00</sup>	пвсм.	8
10	Хлор	260	сж. газ	2,5	1	75	+20	1 <sup>00</sup>	пвсм.	3
	Аммиак	500	газ	-	2	350	-20	3 <sup>00</sup>	ясно	4
	Солян. кисл.	30	жидк.	-	4	280	0	16 <sup>00</sup>	п/я	2
11	Аммиак	420	газ	-	2	300	+20	0 <sup>00</sup>	пвсм.	3
	Хлор	420	сж. газ	5	3	260	-20	4 <sup>00</sup>	п/я	5
	Солян. кисл.	20	жидк.	-	1	15	0	11 <sup>00</sup>	ясно	8
12	Солян. кисл.	120	жидк.	3	2	45	+20	14 <sup>00</sup>	ясно	5
	Хлор	25	сж. газ	5	1	90	-20	1 <sup>00</sup>	п/я	4
	Аммиак	280	газ	-	2	120	+20	18 <sup>00</sup>	пвсм.	5
13	Аммиак	540	сж. газ	4	5	240	-20	15 <sup>00</sup>	ясно	4
	Хлор	115	газ	-	3	180	0	12 <sup>00</sup>	пвсм.	2
	Солян. кисл.	300	жидк.	-	1	215	+20	2 <sup>00</sup>	п/я	6
14	Солян. кисл.	120	жидк.	3	1	115	0	14 <sup>00</sup>	ясно	3
	Хлор	220	сж. газ	-	2	240	+20	1 <sup>00</sup>	пвсм.	4
	Аммиак	85	газ	-	4	15	-20	17 <sup>00</sup>	п/я	6
15	Хлор	120	сж. газ	4	2	90	-20	15 <sup>00</sup>	ясно	3
	Аммиак	250	газ	-	1	270	+20	3 <sup>00</sup>	пвсм.	5
	Солян. кисл.	27	жидк.	-	-	45	0	18 <sup>00</sup>	п/я	4
16	Хлор	185	газ	-	2	70	+20	11 <sup>00</sup>	п/я	2
	Аммиак	900	сж. газ	3,5	3	60	-20	14 <sup>00</sup>	-	5
	Солян. кисл.	60	жидк.	-	4	95	0	3 <sup>00</sup>	ясно	3
17	Аммиак	18	газ	-	-	135	+20	4 <sup>00</sup>	пвсм.	2
	Солян. кисл.	320	жидк.	-	1	250	-20	14 <sup>00</sup>	п/я	3
	Хлор	270	сж. газ	4	-	100	0	17 <sup>00</sup>	ясно	6
18	Хлор	14	газ	-	3	90	+20	11 <sup>00</sup>	-	5
	Солян. кисл.	65	жидк.	3	2	125	-	12 <sup>00</sup>	ясно	3
	Аммиак	380	сж. газ	-	1	250	-20	1 <sup>00</sup>	пвсм.	2
19	Хлор	220	сж. газ	2,8	-	120	+20	9 <sup>00</sup>	ясно	5
	Солян. кисл.	60	жидк.	-	3	90	-20	14 <sup>00</sup>	п/я	3
	Аммиак	1250	газ	-	1	275	0	0 <sup>00</sup>	пвсм.	2
20	Аммиак	35	газ	-	1	70	0	0 <sup>00</sup>	ясно	4
	Хлор	270	сж. газ	2,7	2	145	+20	14 <sup>00</sup>	-	6
	Солян. кисл.	90	жидк.	-	3	315	-20	9 <sup>00</sup>	пвсм.	2
21	Хлор	250	сж. газ	-	-	10	+20	4 <sup>00</sup>	ясно	3
	Солян. кисл.	250	жидк.	3,1	2	70	-20	12 <sup>00</sup>	п/я	2
	Аммиак	1250	газ	-	5	240	0	16 <sup>00</sup>	пвсм.	5
22	Солян. кисл.	80	жидк.	2,7	1	80	0	14 <sup>00</sup>	ясно	3
	Хлор	425	сж. газ	-	1	115	+20	17 <sup>00</sup>	пвсм.	4
	Аммиак	219	газ	-	4	280	-20	0 <sup>00</sup>	-	6
23	Аммиак	1280	сж. газ	3,5	1	315	+20	2 <sup>00</sup>	ясно	3
	Хлор	140	газ	-	1	270	-20	10 <sup>00</sup>	пвсм.	4
	Солян. кисл.	220	жидк.	-	4	160	0	17 <sup>00</sup>	-	5



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	Хлор	415	сж. газ	2,8	2	180	+20	14 <sup>00</sup>	ясно	4
	Солян. кисл.	224	жидк.	-	1	240	-20	16 <sup>00</sup>	пасм.	3
	Аммиак	180	газ	-	4	45	0	0 <sup>00</sup>	-	5
25	Аммиак	1250	сж. газ	-	1	30	0	1 <sup>00</sup>	ясно	5
	Хлор	500	газ	-	3	130	-20	5 <sup>00</sup>	т/я	4
	Солян. кисл.	165	жидк.	1,5	5	280	+20	13 <sup>00</sup>	пасм.	6

Примечания:

- " - " в графе «Высота обваловки» означает, что ёмкость не обвалована, то есть происходит свободный разлив жидкости.

- " - " в других графах означает, что эти данные во время оценки обстановки неизвестны.

- Дирекционный угол ветра показывает направление, откуда дует ветер. Например: Северный ветер - угол равен 0°, южный ветер - угол равен 180°.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ

**Цель работы:** сформировать знания студентов в области исследования и оценки доз облучения людей от радиоактивных веществ и ионизирующих излучений.

### 1. Основные теоретические сведения

Во многих областях практической деятельности людей применяются радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений.

При помощи радиоактивных изотопов проводится контроль качества изделий (рентгеновскими и гамма-дефектоскопами), управление технологическими операциями (радиоизотопными датчиками и измерителями), включение пожарной сигнализации (дымовыми извещателями) и т.д.

Кроме этого люди постоянно подвергаются воздействию внешнего ионизирующего излучения от солнца и поверхности земли, а также внутреннего облучения от попадающих внутрь организма радионуклидов при дыхании и употреблении воды и пищи.

Вопросы определения доз облучения людей были актуальными во время и после проведения испытаний ядерного оружия, но особую актуальность получили после аварии на Чернобыльской АЭС, когда в атмосферу было выброшено около 50 МКи различных радионуклидов и радиоактивным выпадениям были подвергнуты территории Украины, Белоруссии и России. Первичная информация о радиационном загрязнении территории практически не дает представления о возможных индивидуальных дозах облучения и путях формирования суммарной дозы у человека, поэтому необходимы знания расчета доз облучения (в первую очередь от  $\gamma$ -излучающих радионуклидов) и определения уровня риска.

#### *1.1 Ионизирующее излучение, радионуклиды, радиоактивный распад*

Ионизирующее излучение - излучение, воздействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Основными источниками ионизирующего излучения являются радионуклиды - разновидности атомов с данным массовым числом и атомным номером. Массовое число нуклида указывается вверху слева от символа химического элемента, например, нуклид стронция  $^{90}\text{Sr}$ , нуклид цезия  $^{137}\text{Cs}$ .

Один и тот же элемент может иметь разные массовые числа и разновидности этого элемента называются изотопами, например,  $^{131}\text{I}$  и  $^{133}\text{I}$ .

Радиоактивный распад сопровождается корпускулярным излучением ( $\alpha$ -частиц,  $\beta$ -частиц, нейтронов и т.п.), или фотонным излучением (гамма или рентгеновским):

$\alpha$ -частицы являются ядрами атомов гелия, несущими положительный заряд. Они имеют незначительный пробег (в воздухе от 2 до 9 см, в биологических тканях - от 0.02 до 0.06 мм), но высокой степенью ионизации. При внешнем облучении  $\alpha$ -частицы не представляют опасности, но при попадании внутрь организма радиоактивных веществ в виде пыли они очень опасны;

$\beta$ -частицы представляют собой поток электронов или позитронов, в воздухе они могут пройти до 40 м, а в биологической ткани - до 12 мм. Плотность ионизации атомов среды  $\beta$ -частицами в десятки раз меньше, чем при ионизации  $\alpha$ -частицами;

$\gamma$ -лучи это электромагнитное излучение с длиной волны приблизительно  $10^{-12}$  м и частотой около  $10^{20}$  Гц. Эти лучи обладают значительно меньшей, чем  $\alpha$ -частицы, ионизирующей способностью, но высокой проникающей способностью (бетонные стены толщиной 5 см ослабляют  $\gamma$ -излучение в два раза);

рентгеновские лучи - это коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны от  $10^{-7}$  до  $10^{-12}$  м. Они, также как  $\gamma$ -лучи, обладают высокой проникающей способностью.

## 1.2 Активность радионуклидов

Активность радионуклидов  $A$  - это число самопроизвольных случайных распадов или число испускаемых частиц  $\Delta N$  в единицу времени  $\Delta t$ :

$$A = \Delta N / \Delta t. \quad (1.1)$$

Единицей активности является Бк (беккерель),  $1 \text{ Бк} = 1 \text{ расп/с}$ , один распад в секунду.

Также единицей активности является Ки (кюри),  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

Активность радионуклидов со временем уменьшается по экспоненциальному закону. Изменение активности описывается формулой

$$A_t = A_0 \exp(-0,693 t / T_{1/2}), \quad (1.2)$$

где  $A_t$  - активность радионуклида по прошествии времени  $t$ ;

$A_0$  - активность радионуклида в начальный период ( $t = 0$ );

$t$  - время;

$T_{1/2}$  - период полураспада, т.е. время, в течение которого распадается половина радиоактивных атомов.

Если  $t = T_{1/2}$ , то  $A_t = A_0 / e^{0,693} = A_0 / 2$ .

Период полураспада у некоторых радионуклидов составляет несколько суток, а у некоторых - годы (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Радиобиологические свойства радионуклидов

Нуклид	Эффективная энергия $E_{\text{эф}}$ , МэВ расп	Гамма-постоянная $K_{\gamma}$ , $\frac{\text{Р} \cdot \text{см}^2}{\text{ч} \cdot \text{мКи}}$	Период полураспада $T_{1/2}$ , сут	Критический орган	Доля нуклида, попадающая в рассматриваемый орган		Период полувыведения из организма $T_{1/2}$ , сут
					При заглатывании $f_{\text{з}}$	При вдыхании, $f_{\text{вд}}$	
$^{60}\text{Co}$	1,5	6,75	$1,9 \cdot 10^3$	Все тело Печень	0,3	0,45	9,5
					0,001	0,02	9,5
$^{131}\text{I}$	0,41	1,69	8	Все тело. Щитовидная железа	1,0	0,75	138
					0,3	0,23	138
$^{137}\text{Cs}$	0,59	3,19	$1,1 \cdot 10^4$	Все тело	1,0	0,75	70
$^{226}\text{Ra}$	110	9,36	$5,9 \cdot 10^5$	Все тело	0,3	0,4	$8,1 \cdot 10^3$
$^{90}\text{Sr}$	1,1	2,94	$1 \cdot 10^4$	Скелет	0,3	0,12	$1,8 \cdot 10^4$
$^{235}\text{U}$	46	0,51	$2,6 \cdot 10^{11}$	Все тело	$1 \cdot 10^4$	0,25	100
				Кости	$0,1 \cdot 10^{-5}$	0,028	300
				Почки	$1,1 \cdot 10^{-5}$	0,028	15

### 1.3 Экспозиционная доза

Экспозиционная доза является качественной характеристикой фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения), она определяется по ионизации воздуха, т.е. когда поглощенная энергия в некотором объеме воздуха равна суммарной кинетической энергии электронов и позитронов, образованных фотонным излучением в том же объеме.

Непосредственно измеряемой физической величиной при определении экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения является электрический заряд ионов одного знака, образованных в воздухе за время облучения:

$$D_{\text{эсп}} = Q / m, \quad (1.3)$$

где  $D_{\text{эсп}}$  - экспозиционная доза, Кл/кг;

$Q$  - полный заряд ионов одного знака, Кл;

$m$  - масса объема воздуха, кг.

Внесистемной единицей экспозиционной дозы является рентген (Р),

$$1 \text{ Р} = 0,285 \text{ мКл/кг.}$$

### 1.4 Поглощенная доза

Поглощенная доза характеризует изменения, происходящие в облучаемом веществе (воздухе, воде, дереве, железе и т.д.).

Поглощенная доза - это энергия, передаваемая веществу массой в одну единицу:

$$D_{\text{полг}} = E / m, \quad (1.4)$$

где  $D_{\text{полг}}$  - поглощенная доза, Дж/кг;

$E$  - энергия ионизирующего излучения, поглощенная облучаемым веществом, Дж;

$m$  - масса облучаемого вещества, кг.

В системе СИ поглощенная доза измеряется в Гр (грей):

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг.}$$

В практике часто используется специальная единица поглощенной дозы - рад. Один рад соответствует такой поглощенной дозе, при которой количество энергии, выделяемой одним граммом любого вещества, равно 0,01 Дж, т.е.

$$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр}.$$

Поглощенная доза связана с экспозиционной дозой следующим соотношением:

$$D_{\text{полг}} = D_{\text{эсп}} \cdot K_1, \quad (1.5)$$

где  $K_1$  - коэффициент, учитывающий вид облучаемого вещества (воздух, вода и т.п.), т.е. учитывающий отношение энергии, поглощенной данным веществом, к электрическому заряду ионов, образованных в воздухе такой же массы.

При экспозиционной дозе в 1 Р энергия  $\gamma$ -излучения, расходуемая на ионизацию 1 г воздуха, равна 0,87 рад, т.е. для воздуха

$$K_1 = 0,87 \text{ рад/Р} = 0,87 \cdot 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,87 \cdot 0,01 \text{ Гр/Р}.$$

Поскольку ткани организма имеют несколько иной эффект поглощения по сравнению с водой, то используются переводные коэффициенты для различных тканей тела человека:

для воды в организме  $K_1 = 0,887 \dots 0,975 \text{ рад/Р}$ ,

для мышц  $K_1 = 0,933 \dots 0,972 \text{ рад/Р}$ ,

для костей  $K_1 = 1,03 \dots 1,74 \text{ рад/Р}$ .

В целом для организма человека при облучении от  $\gamma$ -источника коэффициент  $K_1 = 1 \text{ рад/Р} = 0,01 \text{ Гр/Р}$ .

### 1.5 Эквивалентная доза

Эквивалентная доза учитывает не только энергию, передаваемую веществу, но и те биологические эффекты, которые производит проникающая радиа-

ция в теле человека:

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{полг}} \cdot K_2 = D_{\text{эксп}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.6)$$

где  $D_{\text{экв}}$  - эквивалентная доза, Зв;

$K_2$  - коэффициент качества облучения (таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Средние значения коэффициента качества  $K_2$

Вид излучения	$K_2$ (Зв/Гр или бэр/рад)
Рентгеновское и $\gamma$ -излучение	1
Электроны и позитроны, $\beta$ -излучение	1
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1 - 10 МэВ	10
$\alpha$ -излучение с энергией меньше 10 МэВ	20

В системе СИ единицей измерения эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Специальной единицей эквивалентной дозы является бэр (биологический эквивалент рентгена).

Для рентгеновского и  $\gamma$ -излучения коэффициенты

$$K_1 = 1 \text{ рад/Р}, K_2 = 1 \text{ бэр/рад} \text{ и } 1\text{Р эквивалентен } 1 \text{ бэр},$$

т.е.  $1\text{Р} \Leftrightarrow 1 \text{ рад} \Leftrightarrow 1 \text{ бэр}$ .

Чтобы отметить различие между экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозами, а также единицами измерений эти параметры сведены в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Основные параметры, характеризующие излучение

Параметры	Единицы измерения	
	Старая система	Система СИ
A – активность радионуклида (количество частиц, вылетающих из вещества в единицу времени)	Бк (беккерель) 1 Бк = 1 расп/с 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк	
$D_{\text{эксп}}$ – экспозиционная доза (определяется по ионизации воздуха)	Р (рентген)	Кл/кг 1 Р = $2,6 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг
$D_{\text{полг}}$ – поглощенная доза (определяется по энергии, поглощенной воздухом, водой и другими веществами)	рад	Гр (грей) 1 Гр = 1 Дж/кг 100 рад = 1 Гр
$D_{\text{экв}}$ – эквивалентная доза (определяется по действию на человека)	Бэр	Зв (зиверт) 100 бэр = 1 Зв

$$D_{\text{экв}} = D_{\text{полг}} \cdot K_2 = D_{\text{эксп}} \cdot K_1 \cdot K_2$$

Для рентгеновского и  $\gamma$ -излучения 1 Р эквивалентен 1 бэр, т.е. коэффициенты  $K_1 = 1 \text{ рад/Р} = 0,01 \text{ Гр/Р}$ ,  $K_2 = 1 \text{ бэр/рад} = 1 \text{ Зв/Гр}$ ,  
 $1 \text{ Р} \Leftrightarrow 1 \text{ рад} \Leftrightarrow 1 \text{ бэр}$ ,  
 $100 \text{ Р} \Leftrightarrow 1 \text{ Гр} \Leftrightarrow 1 \text{ Зв}$

### 1.6 Мощность дозы и доза

Мощность экспозиционной, поглощенной или эквивалентной дозы  $\dot{D}$  характеризуется дозой, полученной в единицу времени, т.е.

$$\dot{D} = \frac{\Delta D}{\Delta t}, \quad (1.7)$$

где  $\Delta D$  - приращение дозы за промежуток времени  $\Delta t$ .

Мощность экспозиционной дозы  $\dot{D}_{\text{эксп}}$  измеряется в системе СИ в Кл/(кг·с); внесистемными единицами являются Р/с, Р/ч, мР/ч, мкР/ч и др.

Мощность поглощенной дозы  $\dot{D}_{\text{полг}}$  в системе СИ измеряется в Гр/с, мкГр/с, аГр/с и т.д.

Мощность эквивалентной дозы  $\dot{D}_{\text{экв}}$  измеряется в системе СИ в Зв/с, мЗв/ч, мкЗв/ч; внесистемными единицами являются бэр/с, бэр/ч и т.д.

Для измерения мощности дозы применяются различные приборы, имеющие ионизационные камеры, камеры с люминесцирующим веществом, химические системы и др.

По измеренным значениям мощности дозы можно определить дозу облучения:

$$D = \int_0^t \dot{D} dt, \quad (1.8)$$

если мощность дозы не меняется во времени, то

$$D = \dot{D} \cdot t, \quad \text{при} \quad \dot{D} = \text{const}, \quad (1.9)$$

где  $t$  - время воздействия ионизирующего излучения.

Для измерения дозы ионизирующего излучения применяются приборы - дозиметры. Сравнительная простота измерения ионизации воздуха привела к тому, что большинство дозиметрических приборов фиксируют экспозиционную дозу.

## 2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА, НОРМИРОВАНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ

Ионизирующее излучение оказывает вредное воздействие на организм человека, но наши органы чувств не приспособлены к их восприятию, поэтому без специальных приборов мы не можем судить о наличии радиации и ее уровне.

Ионизация живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей, изменению химической структуры молекул и как следствие - к гибели клеток. Под влиянием излучения происходит расщепление молекул воды с образованием радикалов, которые могут вступать в реакции с веществами. В результате нормальное течение биохимических процессов и обмен веществ нарушается. Чем больше поглощенная доза, тем больше ионизация и отрицательный биологический эффект.

Красный костный мозг теряет способность нормально функционировать при дозах облучения 0,5...1 Зв (50...100 бэр). Репродуктивные органы и глаза отличаются повышенной чувствительностью к облучению. Однократное облучение семенников при дозе 0,1 Зв приводит к временной стерильности мужчин, а дозы свыше 2 Зв - могут привести к постоянной стерильности. Облучение глаз при дозе 2...10 бэр/год в течение 10 - 20 лет приводит к гибели клеток хрусталика глаза, появлению помутневших участков хрусталика (катаракте), а затем и полной слепоте.

Рак - наиболее серьезное из всех последствий облучения человека при малых дозах. Вероятность заболевания раком растет прямо-пропорционально дозе облучения. Первыми в группе раковых заболеваний стоят лейкозы, они вызывают гибель людей в среднем через 10 лет с момента облучения. Далее - рак молочной железы и рак щитовидной железы; эти виды заболеваний в начальной стадии излечимы.

Рак желудка, печени, толстой кишки и т.д. встречаются реже. Рак легких излечим хирургическим путем только на начальной стадии.

У людей, получающих малые дозы облучения, наблюдается повышенное содержание клеток крови с хромосомными нарушениями. Эти нарушения проявляются в следующем или последующих поколениях (это дети, внуки и более отдаленные потомки).

Если облучение производится не однократно, а в этой дозе растянуто во времени, то эффект облучения будет снижен. Это связано с тем, что живые организмы, в том числе и человек, способны восстанавливать нормальную жизнедеятельность после нарушений.

Условия безопасной работы с радиоактивными веществами регламентированы Нормами радиационной безопасности НРБ-76/87 и Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими ис-



точниками ионизирующих излучений ОСП-72/87 [1].

Радиационному воздействию могут подвергаться не только лица, непосредственно работающие с радиоактивными веществами, но и население, поэтому нормами НРБ-76/87 установлены предельно допустимые уровни облучения в зависимости от категории облученных лиц и группы критических органов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Дозовые пределы облучения

Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения, бэр за год	Критическая группа органов		
	1 (все тело, половые железы и красный костный мозг)	2 (мышцы, щитовидная железа, внутренние органы)	3 (кожный покров, костная ткань, кисти рук, стопы)
ПДД для категории А (профессиональные работники, постоянно или временно работающие непосредственно с источниками ионизирующих излучения)	5	15	30
ПД для категории Б (население, не работающее непосредственно с источниками излучения, но может подвергаться воздействию радиоактивных веществ)	0,5	1,5	3

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Величина мощности экспозиционной дозы от точечного источника (рисунок 3.1) прямо пропорциональна активности радионуклида и обратно пропорциональна квадрату расстояния до него. Кроме этого, разные радионуклиды при одинаковой активности создают разную величину экспозиционной дозы, что учитывается гамма-постоянной:

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \frac{K_{\gamma} \cdot A}{R^2}, \quad (3.1)$$

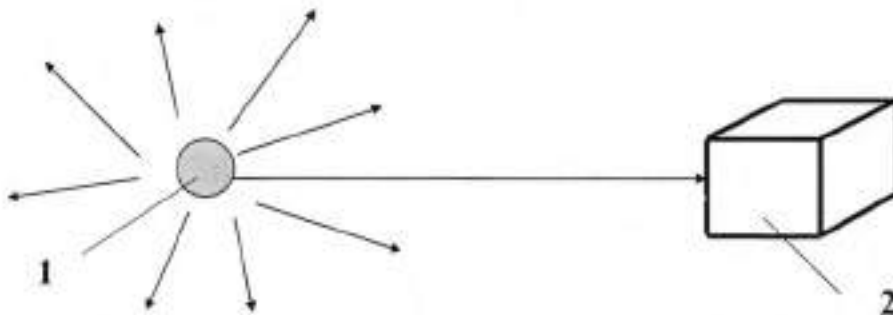
где  $\dot{D}_{\text{эксп}}$  - мощность экспозиционной дозы, Р/ч;

$K_{\gamma}$  - гамма-постоянная радионуклида, Р·см<sup>2</sup> / (ч·мКи);

$A$  - активность радионуклида, мКи;

$R$  - расстояние от точечного радионуклида до места измерения, см.

Гамма-постоянная показывает, какую мощность экспозиционной дозы создает данный радионуклид активностью 1 мКи на расстоянии 1 см. За эталон принят радий-226 массой 1 мг, заключенный в платиновую упаковку толщиной 0,5 мм, который создает на расстоянии 1 см мощность дозы  $\dot{D}_{\text{эксп}} = 8,4$  Р/ч. Значения гамма-постоянных приведены в таблице 1.1, например, для цезия-137  $K_{\gamma} = 3,19$  Р·см<sup>2</sup>/(ч·мКи).



1- точечный источник  $\gamma$ -излучения; 2 - облучаемое вещество

Рисунок 3.1 – Схема для расчета мощности экспозиционной и поглощенной дозы

Для определения дозы облучения от точечных источников  $\gamma$ -излучения обычно используется формула (1.9), т.е. принимается мощность дозы постоянной во времени.

3.1. Пример. Определить эквивалентную дозу и сравнить с допустимой, полученной рабочим от точечного изотропного источника <sup>60</sup>Со активностью  $1,1 \cdot 10^2$  Ки, если он работает с источником в течение всего рабочего времени на расстоянии 0,8 м. Продолжительность рабочего времени для персонала составляет 1700 ч/год (36-часовая рабочая неделя).

Решение.

Определяем мощность экспозиционной дозы на рабочем месте по формуле (3.1):

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \frac{K_{\gamma} \cdot A}{R^2},$$

где значение гамма-постоянной выбираем из таблицы 1.1,

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \frac{6,75 \cdot 1,1 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3}{80^2} = 0,0116 \text{ Р/ч.}$$

Экспозиционную дозу, полученную рабочим за год, определяем по формуле (1.9)

$$D_{\text{эксп}} = \dot{D}_{\text{эксп}} \cdot t = 0,0116 \cdot 1700 = 19,7 \text{ Р/год.}$$

Эквивалентная доза, полученная рабочим, составляет

$$D_{\text{эксп}} = \dot{D}_{\text{эксп}} \cdot K_1 \cdot K_2 = 19,7 \cdot 1 \cdot 1 = 19,7 \text{ бэр/год,}$$

т.е. она превышает почти в 4 раза предельно допустимую дозу для категории А (таблица 2.1).

3.2. Пример. На расстоянии  $R = 0,3$  м от точечного источника радионуклида  $^{60}\text{Co}$  мощность эквивалентной дозы от  $\gamma$ -излучения составляет  $D_{\text{эки}} = 450$  мкЗв/ч. На каком расстоянии от источника ( $R_{\text{пдд}}$ ) можно работать, чтобы доза облучения персонала не превышала ПДД при 36-часовой рабочей неделе и равномерном распределении дозы в течение года?

Решение.

Эквивалентную дозу, полученную рабочим за год, определяем по формуле (1.9)

$$D_{\text{эки}} = \dot{D}_{\text{эки}} \cdot t = 450 \cdot 10^{-6} \cdot 1700 = 0,765 \text{ Зв/год.}$$

Полученная доза превышает ПДД (0,05 Зв/год) в 15,3 раза, поэтому необходимо увеличить расстояние от источника излучения до рабочего места.

Мощность дозы, а следовательно и доза, уменьшаются с увеличением квадрата расстояния (по зависимости 3.1), поэтому требуемое расстояние  $R_{\text{пдд}}$  можно вычислить по отношению

$$\dot{D}_{\text{эки}} \cdot R^2 = \dot{D}_{\text{эки}} \cdot R_{\text{пдд}}^2,$$

$$\dot{D}_{\text{эки}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t \cdot R^2 = \dot{D}_{\text{эки.тр}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot t \cdot R_{\text{пдд}}^2,$$

$$\dot{D}_{\text{эки}} \cdot R^2 = \text{ПДД} \cdot R_{\text{пдд}}^2,$$

$$R_{\text{пдд}} = \sqrt{\frac{\dot{D}_{\text{эки}} \cdot R^2}{\text{ПДД}}} = \sqrt{\frac{0,765 \cdot 0,3^2}{0,05}} = 1,17 \text{ м.}$$

Таким образом получено, что расстояние от источника излучения до рабочего места должно быть не менее 1,17 м.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ, РАВНОМЕРНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В ПОЧВЕ

##### 4.1 *Определение доз от $\gamma$ -излучения радионуклидов, находящихся в почве, путем измерения мощности эквивалентной дозы прибором*

При определении эквивалентной дозы облучения человека от  $\gamma$ -излучающих радионуклидов, находящихся в земле, можно использовать формулу (1.9). Кроме этого, необходимо учитывать экранирование тканей человека другими тканями, а также стенами зданий и сооружений. Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР) рекомендует использовать усредненное значение коэффициента ослабления поглощенной дозы в теле человека по сравнению с поглощенной дозой в воздухе  $K_{\text{нкдар}}=0,7$ .

Измерив мощность эквивалентной дозы облучения на высоте 1 м от поверхности земли, можно определить дозу, полученную человеком:

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{экв}} \cdot t \cdot K_{\text{нкдар}}, \quad (4.1)$$

где  $D_{\text{экв}}$  - эквивалентная доза облучения человека, Зв;

$\dot{D}_{\text{экв}}$  - мощность эквивалентной дозы облучения, Зв/ч;

$t$  - время нахождения человека в данном районе, ч.

4.1. Пример. Оценить опасность нахождения людей на территории, если мощность эквивалентной дозы облучения человека на расстоянии 1 м от поверхности земли составляет 0,6 мкЗв/ч.

Решение.

Годовая эквивалентная доза рассчитывается по формуле (4.1):

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{экв}} \cdot t \cdot K_{\text{нкдар}} = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,7 = 0,0037 \text{ Зв/год}.$$

Предельно допустимая доза для населения (категория Б, таблица 2.1)  $\text{ПДД}_Б = 0,5 \text{ бэр/год} = 0,005 \text{ Зв/год}$ . То есть эквивалентная доза  $D_{\text{экв}}$  меньше  $\text{ПДД}_Б$  в 1,3 раза.

##### 4.2 *Определение доз от $\gamma$ -излучения радионуклидов, находящихся в почве, по величине активности единицы площади земной поверхности*

Доза  $\gamma$ -излучения от земной поверхности обычно определяется для точки на высоте  $H$  от земли и считается, что основное излучение попадает в эту точку с площади круга радиусом  $3 \cdot H$  (рисунок 4.1).

Формула расчета мощности дозы облучения в этом случае:

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \pi \cdot A_s \cdot K_\gamma \cdot \ln \frac{H^2 + R^2}{H^2}, \quad (4.2)$$

где  $\dot{D}_{\text{эксп}}$  - мощность экспозиционной дозы  $\gamma$ -излучения от земной поверхности, Р/ч;

$A_s$  - среднегодовая активность (плотность загрязнения радионуклидами) поверхности земли, мКи/см<sup>2</sup>;

$H$  - высота над поверхностью земли, м;

$R$  - радиус круга участка земной поверхности, м.

Для определения дозы, полученной человеком, принимается  $H = 1$  м,  $R = 3$  м.

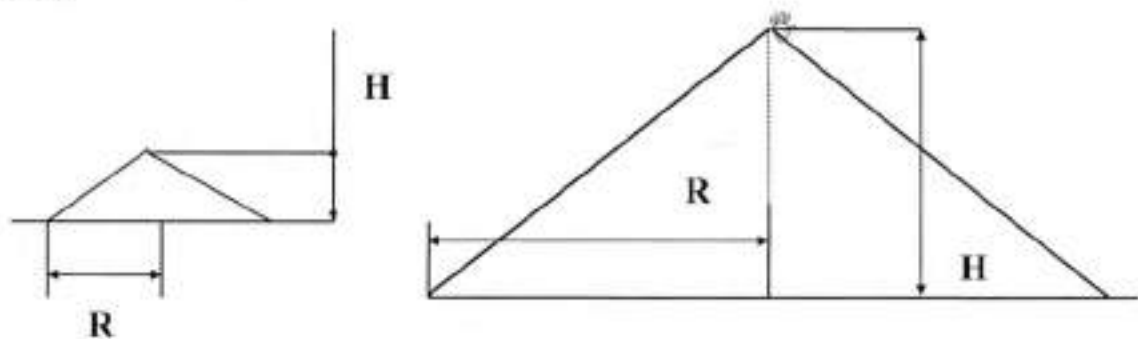


Рисунок 4.1 – Схема определения дозы  $\gamma$ -излучения от поверхности земли

4.2. Пример. Определить эквивалентную дозу облучения, полученную человеком за год, если среднегодовая активность поверхности земли от цезия-137 составляет  $2 \cdot 10^6$  Бк/м<sup>2</sup>.

Решение.

Мощность экспозиционной дозы определяем по формуле (4.2)

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \pi \cdot A_s \cdot K_\gamma \cdot \ln \frac{H^2 + R^2}{H^2},$$

где активность

$$A_s = 2 \cdot 10^6 \text{ Бк/м}^2 = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{3,7 \cdot 10^{10} \cdot 10^4} \text{ мКи/см}^2 = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ мКи/см}^2;$$

$$\dot{D}_{\text{эксп}} = \pi \cdot 5,4 \cdot 10^{-6} \cdot 3,19 \cdot \ln \frac{1^2 + 3^2}{1^2} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ Р/ч.}$$

Эквивалентную дозу, полученную человеком за год, вычисляем по формуле (4.1)

$$D_{\text{экв}} = \dot{D}_{\text{эксп}} \cdot t \cdot K_{\text{интегр}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,7 = 7,36 \cdot 10^{-3} \text{ Зв/год.}$$

Эта доза примерно в 1,5 раза выше ПДД для населения.

#### 4.3 Ориентировочная оценка радиационного загрязнения поверхности земли

Для ориентировочной оценки радиационного загрязнения поверхности земли обычно используют измерительные приборы установленные на вертолете. Вертолет пролетает на высоте 100 м от земли параллельными маршрутами через 600 м и затем строится карта. Таким образом были построены карты радиационного загрязнения ( $\text{Ки}/\text{км}^2$ ) поверхности земли в Тульской области.

В случае загрязнения территории цезием-137 от Чернобыльской АЭС расчет доз внешнего облучения можно производить с помощью дозовых коэффициентов

$$D_{\text{экв}} = A_{\text{T}} \cdot d, \quad (4.3)$$

где  $D_{\text{экв}}$  - годовая эквивалентная доза облучения, бэр/год;

$A_{\text{T}}$  - среднегодовая плотность загрязнения территории,  $\text{Ки}/\text{км}^2$ ;

$d$  - дозовый коэффициент, бэр · км<sup>2</sup> / (Ки·год).

Таблица 4.1 – Значения коэффициента  $d$  с учетом ослабления внешнего облучения зданиями

Тип населенного пункта	Значение коэффициента $d$ , бэр·км <sup>2</sup> /(Ки·год)
Города областного и республиканского подчинения	0,006
Города районного подчинения и поселки городского типа	0,009
Все населенные пункты, кроме поселков городского типа	0,013

4.3. Пример. Определить годовую эквивалентную дозу облучения населения, если плотность загрязнения поверхности земли составляет  $40 \text{ Ки}/\text{км}^2$ .

Решение.

Годовая эквивалентная доза облучения людей рассчитывается по формуле (4.3):

$$D = 40 \cdot 0,009 = 0,36 \text{ бэр/год,}$$

то есть доза ниже предельно допустимой.

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ

Радиоактивные вещества могут поступать в организм человека при вдыхании воздуха, загрязненного радиоактивными веществами, через желудочно-кишечный тракт, а также через кожу. Из-за большого объема легочной вентиляции ( $20 \text{ м}^3/\text{сут}$ ) и более высокого коэффициента усвоения наиболее опасен первый путь. Количество радионуклидов, поступающих из желудочно-кишечного тракта в кровь, зависит от его вида, например, цирконий Zr и ниобий Nb практически не поступают в кровь (коэффициент резорбции составляет доли процента), висмут Bi - 1%, барий Ba - 5%, кобальт Co и стронций Sr - до 30%, водород и щелочно-земельные вещества - 100%.

Поступления в кровь через неповрежденную кожу в 200-300 раз меньше, чем через желудочно-кишечный тракт. Исключение составляет изотоп водорода - тритий, легко проникающий в кровь через кожу.

По характеру распределения в организме радиоактивные вещества условно разделяются на три группы: равномерно распределяющиеся в организме, отлагающиеся преимущественно в скелете и концентрирующиеся в печени (см. таблицу 1.1). Особое место занимает радиоактивный йод, который селективно отлагается в щитовидной железе.

Мощность дозы, получаемая человеком при внутреннем облучении в общем виде определяется выражением

$$\dot{D}_{\text{экв.вн}} = 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (5.1)$$

где  $\dot{D}_{\text{экв.вн}}$  - мощность эквивалентной дозы в рассматриваемом органе или ткани при внутреннем облучении человека, Зв/ч;

$A_{\text{уд}}$  - удельная активность радионуклида в рассматриваемом органе человека, Бк/кг;

$K_{\gamma}$  - гамма-постоянная радионуклида,  $\text{Р} \cdot \text{см}^2/(\text{ч} \cdot \text{мКи})$ ;

$\rho$  - плотность ткани, ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ );

$g$  - геометрический фактор, см;

$K_1$  - коэффициент перевода единицы экспозиционной дозы в единицу поглощенной дозы, ( $K_1 = 0,01 \text{ Гр/Р}$ );

$K_2$  - коэффициент качества облучения, ( $K_2 = 1 \text{ Зв/Гр}$ ).

Удельная активность радионуклида  $A_{\text{уд}}$ , Бк/кг рассчитывается по формуле

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m}, \quad (5.2)$$

где  $A$  - активность единичного поступления радионуклида в организм человека, Бк;

$f$  - коэффициент метаболизма (см. таблицу 1.1);

$m$  - масса всего тела человека (если радионуклид распространяется по

всему телу) или масса органа человека, куда поступает радионуклид, кг.

Геометрический фактор  $g$  учитывает соотношение массы облучаемого тела или органа и его геометрических размеров. Например, чем ниже рост человека и больше его масса, тем больше  $g$ :

рост 2 м, масса 60 кг  $g = 117$  см;

рост 1,7 м, масса 70 кг  $g = 126$  см;

рост 1,4 м, масса 100 кг  $g = 154$  см.

При облучении печени массой 1,8 кг геометрический фактор принимается равным  $g = 80$  см. При облучении щитовидной железы массой 20 г  $g = 40$  см.

Годовую дозу внутреннего облучения следует определять с учетом эффективного периода полувыведения нуклидов из организма

$$T_{\text{эф}} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{\text{В/2}}}{T_{1/2} + T_{\text{В/2}}}, \quad (5.3)$$

где  $T_{\text{эф}}$  - эффективный период полувыведения, сут;

$T_{1/2}$  - период полураспада изотопа, сут;

$T_{\text{В/2}}$  - период полувыведения из организма, т.е. время, в течение которого из организма выводится половина имеющегося радиоактивного вещества, сут.

$$D_{\text{экв.вн}} = \dot{D}_{\text{экв.вн}} \cdot 365 \cdot 24 \quad \text{при } T_{\text{эф}} \geq 365 \text{ сут}, \quad (5.4)$$

$$D_{\text{экв.вн}} = \dot{D}_{\text{экв.вн}} \cdot T_{\text{эф}} \cdot 24 \quad \text{при } T_{\text{эф}} < 365 \text{ сут}, \quad (5.5)$$

где  $D_{\text{экв.вн}}$  - эквивалентная годовая доза внутреннего облучения, Зв/год;

$\dot{D}_{\text{экв.вн}}$  - мощность эквивалентной дозы внутреннего облучения, Зв/ч;

$365 \cdot 24$  - количество часов облучения в год, ч/год.

Пример 5.1. Рассчитать внутреннюю годовую дозу облучения человека в результате вдыхания радиоактивной пыли  $^{90}\text{Sr}$  в количестве 2 г активностью 10 Ки/кг.

Решение.

В результате попадания в организм человека радионуклид  $^{90}\text{Sr}$  задерживается в минеральной части костей и очень трудно выводится из организма  $T_{\text{В/2}} = 1,8 \cdot 10^4$  сут (таблица 1.1). Облучению подвергается все тело человека.

Единичное поступление радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  составляет 2 г, поэтому активность единичного поступления

$$A = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ Ки} = 7,4 \cdot 10^8 \text{ Бк}$$

Удельную активность рассчитываем по формуле (5.2)

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m} = \frac{7,4 \cdot 10^8 \cdot 0,12}{70} = 1,27 \cdot 10^6 \text{ Бк/кг}.$$

Мощность дозы, получаемой человеком, определяем по формуле (5.1)



$$\begin{aligned} \dot{D}_{\text{экв.вн}} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = \\ &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot 1,27 \cdot 10^6 \cdot 2,94 \cdot 1 \cdot 126 \cdot 0,01 \cdot 1 = \\ &= 1,27 \cdot 10^{-4} \text{ Зв/ч.} \end{aligned}$$

Эффективный период полувыведения радионуклида вычисляем по формуле (5.3)

$$T_{\text{эф}} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{\text{в}/2}}{T_{1/2} + T_{\text{в}/2}} = \frac{10^4 \cdot 1,8 \cdot 10^4}{10^4 + 1,8 \cdot 10^4} = 6,4 \cdot 10^3 \text{ сут.}$$

Годовую эквивалентную дозу внутреннего облучения вычисляем по формуле (5.4)

$$D_{\text{экв.вн}} = \dot{D}_{\text{экв.вн}} \cdot 365 \cdot 24 = 1,27 \cdot 10^{-4} \cdot 365 \cdot 24 = 1,1 \text{ Зв/год.}$$

Полученная доза в 220 раз превышает ПДД для населения.

Пример 5.2. Рассчитать внутреннюю годовую дозу облучения человека в результате употребления им в пищу ежедневно в течение 200 дней по 0,5 л молока с радионуклидом  $^{131}\text{I}$  активностью  $7,4 \cdot 10^5$  Бк/л и сравнить с ПДД для населения.

Решение.

Радионуклид  $^{131}\text{I}$  попадает во все тело человека и в щитовидную железу (см. таблицу 1.1).

Рассчитываем мощность дозы облучения всего тела человека при единичном (в течение суток) поступлении  $^{131}\text{I}$  по формулам (5.2, 5.3 и 5.1):

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m} = \frac{0,5 \cdot 7,4 \cdot 10^5 \cdot 1}{70} = 0,53 \cdot 10^4 \text{ Бк/кг,}$$

$$T_{\text{эф}} = \frac{T_{1/2} \cdot T_{\text{в}/2}}{T_{1/2} + T_{\text{в}/2}} = \frac{8 \cdot 138}{138} = 7,56 \text{ сут;}$$

$$\begin{aligned} \dot{D}_{\text{экв.вн}} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_{\gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = \\ &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot 0,53 \cdot 10^4 \cdot 1,69 \cdot 1 \cdot 126 \cdot 0,01 \cdot 1 = \\ &= 3,1 \cdot 10^{-7} \text{ Зв/ч.} \end{aligned}$$

Так как человек ежедневно употребляет молоко в пищу, то мощность дозы будет со временем возрастать и достигнет значения в 11 раз выше, чем при единичном поступлении, и годовая доза облучения составит

$$D_{\text{экв.вн}} = 3,1 \cdot 10^{-7} \cdot 11 \cdot (200 + 7,56) \cdot 24 = 0,016 \text{ Зв/год,}$$

то есть в 3 раза выше ПДД для населения.

Рассчитываем мощность дозы облучения щитовидной железы по формулам (5.2 и 5.1):

$$A_{\text{уд}} = \frac{A \cdot f}{m} = \frac{0,5 \cdot 7,4 \cdot 10^5 \cdot 0,3}{20 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \cdot 10^6 \text{ Бк/кг,}$$

$$\begin{aligned} \dot{D}_{\text{экв.вн}} &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot A_{\text{уд}} \cdot K_7 \cdot \rho \cdot g \cdot K_1 \cdot K_2 = \\ &= 2,7 \cdot 10^{-11} \cdot 5,5 \cdot 10^6 \cdot 1,69 \cdot 1 \cdot 40 \cdot 0,01 \cdot 1 = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Зв/ч.} \end{aligned}$$

Следует отметить, что мощность дозы облучения щитовидной железы в 300 раз выше мощности дозы облучения всего организма человека.

С учетом того, что человек потребляет в пищу молоко ежедневно в течение 200 дней, годовая доза облучения щитовидной железы составит

$$D_{\text{экв.вн}} = 1 \cdot 10^{-4} \cdot 11 \cdot (200 + 7,56) \cdot 24 = 5,5 \text{ Зв/год,}$$

что в 367 раз превышает ПДД для щитовидной железы.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РИСКА ОТ ОБЛУЧЕНИЯ

Уровень риска это вероятность неожиданных последствий какого либо действия за определенный период времени. При ионизирующем облучении количественной мерой уровня риска является вероятность заболевания или гибели человека. Воздействие ионизирующего излучения на человека, в этом случае, принимается беспороговым, т.е. чем больше доза облучения, тем выше риск заболевания.

Для персонала, работающего с источниками ионизирующих излучений (категории А), при дозе облучения равной предельно допустимой (5 бэр/год) значение уровня риска принято равным  $r_a = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$ . Это значит, что в течение года восемь человек из 10 000 заболеют.

Уровень риска  $r = 1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-3} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$  считается не высоким, уровень риска  $r = 1 \cdot 10^{-3} \dots 1 \cdot 10^{-2} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$  - высоким, а  $r$  больше  $1 \cdot 10^{-2}$  - исключительно высоким.

Безопасным уровнем риска для работников атомной промышленности считается  $r_{a, \text{без}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$  и меньше, для населения (категории Б)  $r_{b, \text{без}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ (чел} \cdot \text{год)}^{-1}$  и меньше.

При облучении всего организма человека уровень риска рассчитывается по формуле:

$$r = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot D_{\text{экв}}, \quad (6.1)$$

где  $r$  - уровень риска от облучения человека,  $\text{(чел} \cdot \text{год)}^{-1}$ ;

$D_{\text{экв}}$  - годовая эквивалентная доза облучения всего человека, Зв/год;

$1,65 \cdot 10^{-2}$  - уровень риска при облучении всего тела человека и получении эквивалентной дозы 1 Зв/год.

При облучении отдельных органов человека уровень риска рассчитывается по формуле

$$r_{\text{орг}} = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot \omega \cdot D_{\text{экв}}, \quad (6.2)$$

где  $\omega$  - коэффициент, характеризующий отношение риска облучения только данного органа к риску от равномерного облучения всего тела (таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Значения коэффициентов  $\omega$

Наименование органа или ткани	Коэффициент $\omega$
Все тело человека	1,0
Половые железы	0,25
Молочные железы	0,25
Красный костный мозг	0,12
Легкие	0,12
Щитовидная железа	0,03
Кость поверхность	0,03

6.1. Пример. Рассчитать уровень риска заболевания оператора, работающего с источниками ионизирующего излучения, при годовой дозе облучения всего тела человека  $D_{\text{экв}} = 5$  бэр/год.

Решение.

По формуле (6.1) уровень риска

$$r = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot 0,05 = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ (чел} \cdot \text{год)},$$

т.е. уровень риска относительно невысокий, он соответствует предельно допустимой годовой дозе облучения персонала категории А.

6.2. Пример. Рассчитать уровень риска при облучении у человека щитовидной железы и полученной дозе  $D_{\text{экв.щ}} = 5$  Зв/год.

Решение.

По формуле (6.2) уровень риска

$$r_{\text{щ}} = 1,65 \cdot 10^{-2} \cdot 0,03 \cdot 5 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ (чел} \cdot \text{год)}.$$

Этот уровень риска является высоким, т.к. в течение года более двух человек из 1000 заболеют раком щитовидной железы.

Если взять период 10 лет, то за это время заболеют 25 человека из 1000.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

7.1. Оценить опасность облучения оператора гамма-излучением от точечного источника, находящегося на расстоянии  $R$  от рабочего места. Вид и активность радионуклида, а также расстояние  $R$  выбрать из таблицы 7.1. по варианту. Время работы оператора 36 ч в неделю (1700 ч в год).

Таблица 7.1 – Варианты заданий

Номер варианта	Вид радионуклида	Активность $A$ , мКи	Расстояние $R$ , м
1	$^{60}\text{Co}$	2	0,4
2	$^{90}\text{Sr}$	4	0,5
3	$^{131}\text{J}$	6	0,6
4	$^{137}\text{Cs}$	8	0,7
5	$^{236}\text{U}$	10	0,8
6	$^{60}\text{Co}$	12	0,4
7	$^{90}\text{Sr}$	14	0,5
8	$^{131}\text{J}$	16	0,6
9	$^{137}\text{Cs}$	18	0,7
10	$^{236}\text{U}$	20	0,8

Порядок расчета:

- определить мощность экспозиционной дозы по формуле (3.1);
- рассчитать мощность эквивалентной дозы по формуле (1.6);
- рассчитать годовую эквивалентную дозу по формуле (1.9);
- сравнить полученное значение дозы с ПДД для категории А по таблице 2.1, и сделать вывод: во сколько раз доза выше или ниже ПДД;
- рассчитать уровень риска по формуле (6.1) и сделать вывод.

7.2. Определить безопасное расстояние от источника  $\gamma$ -излучения до рабочего места оператора, если измеренная мощность эквивалентной дозы на расстоянии  $R$  составляет  $\dot{D}_{\text{экв}}$  (таблица 7.2). Время работы оператора 1700 ч/год.

Таблица 7.2 – Варианты заданий

Номер варианта	Расстояние R, м	Мощность эквивалентной дозы $\dot{D}$ , мкЗв/ч
1	0,1	500
2	0,2	400
3	0,3	300
4	0,4	200
5	0,5	100
6	0,1	800
7	0,2	600
8	0,3	400
9	0,4	300
10	0,5	200

Порядок расчета:

- определить годовую эквивалентную дозу по формуле (1.9);
- рассчитать безопасное расстояние из соотношения (3.2).

7.3. Оценить опасность облучения населения, постоянно подвергающегося воздействию ионизирующего излучения от земли, содержащей радионуклиды. Значения мощности экспозиционной дозы  $\dot{D}_{\text{эксп}}$  на расстоянии 1 м от земли приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\dot{D}_{\text{эксп}}$ , 4 мкР/ч	90	80	70	60	50	45	40	35	30	20

Порядок расчета:

- определить мощность эквивалентно дозы по формуле (1.6);
- определить годовую эквивалентную дозу с учетом коэффициента НКДАР по формуле (4.1);
- сравнить расчетную эквивалентную дозу с ПДД для населения по табл. 2.1 и сделать вывод.

7.4. Оценить опасность облучения населения постоянно подвергающегося воздействию ионизирующего излучения от земли, содержащей цезий-137. Значения активности  $A$  цезия-137 в поверхностном слое земли даны в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A, \text{Ки/км}^2$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Порядок расчета:

- определить годовую эквивалентную дозу по формуле (4.3);
- сравнить полученную дозу с ПДД<sub>Б</sub> по табл.2.1 и сделать вывод: во сколько раз  $D_{\text{жн}}$  больше (или меньше) ПДД<sub>Б</sub>;
- рассчитать уровень риска по формуле (6.1) и сравнить его с безопасным уровнем  $1 \cdot 10^{-5} (\text{чел} \cdot \text{год})^{-1}$ .

7.5. Определить годовые дозы ионизирующего внутреннего облучения от радионуклидов, попавших в тело человека в течение месяца с продуктами питания:  $^{131}\text{I}$  в воде 30 л,  $^{137}\text{Cs}$  в молоке 10 л,  $^{90}\text{Sr}$  в хлебе 15 кг. Варианты активности радионуклидов приведены в таблице 7.5. Вид нуклида выбрать по заданию преподавателя.

Таблица 7.5 – Варианты заданий

Номер варианта	Вид радионуклида и активность 1 кг продукта, $A_1$		
	$^{131}\text{I}$ в воде $A_1, \text{Бк/л}$	$^{137}\text{Cs}$ в молоке $A_1, \text{Бк/л}$	$^{90}\text{Sr}$ в хлебе $A_1, \text{Бк/кг}$
1	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$
2	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
3	$8 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$
4	$4 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
5	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
6	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
7	$8 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$
8	$4 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
9	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
10	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$

### Порядок расчета:

- определить мощность эквивалентных доз облучения всего тела и отдельных органов по формуле (5.1) для одного из радионуклидов;
- рассчитать эквивалентные годовые дозы облучения всего тела и отдельных органов по формуле (5.4) или (5.5);
- сравнить дозы облучения всего тела и отдельных органов с предельно допустимыми по таблице 2.1;
- рассчитать уровень риска облучения по формуле (6.1) или (6.2);
- сравнить полученный уровень риска с безопасным, равным  $1 \cdot 10^{-5}$  (чел · год)<sup>-1</sup>.

## Библиографический список

1 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-406-01422-6. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/935682>

2 Микрюков, В.Ю. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Микрюков В.Ю., Микрюкова С.В. — Москва : КноРус, 2020. — 282 с. — ISBN 978-5-406-01552-0. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/936147>

3 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 155 с. — ISBN 978-5-406-07468-8. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/932500>

4 Основы безопасности жизнедеятельности. Государственная система обеспечения безопасности населения : учебное пособие для СПО / А. Н. Приешкина, М. А. Огородников, Е. Ю. Голубь, А. В. Седымов. — Саратов : Профобразование, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-4488-0743-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92323.html>

5 Долгов, В. С. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / В. С. Долгов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-3928-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13390>

6 Беляков, Г. И. Основы обеспечения жизнедеятельности и выживание в чрезвычайных ситуациях : учебник для среднего профессионального образования / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 354 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-03180-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452122>

### *Периодические издания*

1 Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал.- Москва : Новые технологии, 2019



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»**

**Технический колледж имени С.И. Мосина**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**

**специальностей СПО**

**09.02.03 Программирование в компьютерных системах  
(углубленная подготовка)**

**09.02.01 Компьютерные системы и комплексы**

**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)**


**Тула 2020**

**Утверждено**

на заседании цикловой комиссии  
общепрофессиональных дисциплин

Протокол от «19» 01 2020 г. № 5

Председатель цикловой комиссии

 А.Я. Овчинникова

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СТРУКТУРА РЕФЕРАТА.....	5
2 ОФОРМЛЕНИЕ РЕФЕРАТА.....	6
3 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТА.....	8
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	9
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	10

## **ВВЕДЕНИЕ**

Реферат - краткое изложение в письменном виде или в форме публичного выступления содержания книги, научной работы, результатов изучения научной проблемы.

Реферат является самостоятельной письменной работы студента. Реферат - работа, касающаяся какой-то одной достаточно узкой темы и обозначающая основные общепринятые точки зрения на данную тему. В реферате необходимо осветить конкретный вопрос, по сути, нужно пересказать его (желательно своими словами). В реферате не требуется наличия большого фактического материала, глубокого анализа, фундаментальных выводов.

## 1 СТРУКТУРА РЕФЕРАТА

Реферат должен включать оглавление, введение, несколько глав (от 2 до 5), заключение и список использованных источников.

Структура обычного реферата:

- содержание;
- введение;
- несколько глав (от 2 до 5);
- заключение;
- список литературы (или библиографический список).

Во введении реферата должны быть: актуальность темы реферата; цель работы; задачи, которые нужно решить, чтобы достигнуть указанной цели; краткая характеристика структуры реферата (*введение, три главы, заключение и библиография*); краткая характеристика использованной литературы.

Объем введения для реферата - 1-1,5 страницы.

Главы реферата могут делиться на параграфы. Главы можно заканчивать выводами.

В заключении должны быть ответы, на поставленные во введении задачи и дан общий вывод. Объем заключения реферата - 1-1,5 страницы.

Список использованных источников для реферата обычно должен включать 4-12 позиций - нормативные акты, книги, печатную периодику, интернет-ресурсы.

У реферата могут быть приложения - картинки, схемы и прочие.

## 2 ОФОРМЛЕНИЕ РЕФЕРАТА

Размеры полей при оформлении реферата: левое поле – не менее 20 мм, верхнее поле – не менее 20 мм, правое поле – не менее 20 мм, нижнее поле – не менее 10 мм.

Для компьютерного набора текста используется гарнитура «Times New Roman» размером кегля 12 пунктов с полуторным межстрочным интервалом или 14 пунктов с одинарным межстрочным интервалом. Нумерация страниц сквозная и проставляется в правом верхнем углу страницы. Первой страницей является титульный лист, на котором номер страницы не проставляется (приложение).

Каждая из частей реферата начинается с новой страницы. Заголовки каждой части реферата пишутся заглавными буквами и размещаются по центру строки. Между заголовком и последующим текстом должна быть пустая строка.

Главы реферата могут делиться на параграфы (если реферат небольшой, то лучше этого не делать). Заголовок параграфа пишется строчными буквами с заглавной, размещается «по ширине страницы» и с отступом красной строки. Пропуска строки между заголовком параграфа и последующим текстом не делается. Главы и параграфы реферата нумеруются. Точка после номера не ставится. Номер параграфа реферата включает номер соответствующей главы, отделяемый от собственного номера точкой, например: «1.3». Заголовки не должны иметь переносов и подчеркиваний, но допускается выделять их «жирностью» или курсивом.

Текст реферата размещается с центрированием «по ширине страницы». Абзацы выделяются красной строкой с отступом не менее 1,27 см.

Рисунки нумеруются последовательно арабскими цифрами или в пределах главы: в каждой главе начинается заново (тогда номер рисунка перед собственно своим номером через точку содержит номер главы). Рисунки могут сопровождаться пояснительными подписями (*Пример подписи рисунка: Рисунок 1 – Схема кодирования*). На все рисунки должны быть ссылки в тексте. Рисунки помещаются после первого упоминания в тексте.

Цифровой материал рекомендуется оформлять в виде таблицы. Таблицу помещают после первого упоминания в тексте. Над левым верхним углом таблице помещается надпись "Таблица" с указанием ее порядкового номера. Таблицы нумеруются последовательно арабскими цифрами или в пределах главы. Затем следует заголовок таблицы. При ссылке на таблицу указывается ее номер, например: (таблица 1 или таблица 2.3).

Материал, дополняющий текст работы, размещается в приложениях. Приложениями могут быть таблицы, схемы, диаграммы, чертежи, расчеты и т.д. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь.

#### Пример - ПРИЛОЖЕНИЕ А

Каждое приложение следует начинать с новой страницы. Вверху первой страницы каждого приложения посередине рабочей строки прописными буквами печатают слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его обозначение. Приложение должно иметь заголовок, который записывают по центру рабочей строки с прописной буквы отдельной строкой.

Список использованных источников для реферата обычно должен включать 4-12 позиций - нормативные акты, книги, печатную периодику, интернет-ресурсы. Впереди идут нормативные акты, потом книги, далее печатная периодика, источники с электронных носителей (например, «Консультант Плюс» или CD-издания), далее интернет-источники.

Очень желательно, чтобы в реферате были ссылки. Количество ссылок для реферата - от 2 до 10. Ставить ссылки можно двумя способами: за текстом номер ссылки в верхнем регистре - и внизу страницы название источника; за текстом в квадратных скобках с указанием номера источника по списку литературы. Ссылки безусловны на все точные числовые данные и на все прямые цитаты.

### 3 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТА

1. Боевые традиции Вооруженных Сил России
2. Обеспечение национальной безопасности РФ
3. Вооруженные сила РФ. Виды, рода войск, их предназначение
4. Классификация травматических повреждений и первая медицинская помощь
5. Средства и методы защиты от отравляющих газов
6. Символы воинской чести.
7. Чрезвычайные ситуации мирного времени
8. Чрезвычайные ситуации военного времени.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Основные источники:*

1 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-406-01422-6. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/935682>

2 Микрюков, В.Ю. Безопасность жизнедеятельности : учебник для среднего профессионального образования / Микрюков В.Ю., Микрюкова С.В. — Москва : КноРус, 2020. — 282 с. — ISBN 978-5-406-01552-0. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/936147>

### *Дополнительные источники:*

1 Косолапова, Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Практикум : учебное пособие для среднего профессионального образования / Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. — Москва : КноРус, 2020. — 155 с. — ISBN 978-5-406-07468-8. — Текст : электронный // ЭБС Book.ru [сайт]. — URL: <https://book.ru/book/932500>

2 Основы безопасности жизнедеятельности. Государственная система обеспечения безопасности населения : учебное пособие для СПО / А. Н. Приешкина, М. А. Огородников, Е. Ю. Голубь, А. В. Седымов. — Саратов : Профобразование, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-4488-0743-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92323.html>

3 Долгов, В. С. Основы безопасности жизнедеятельности : учебник / В. С. Долгов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-3928-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/13390>

4 Беляков, Г. И. Основы обеспечения жизнедеятельности и выживание в чрезвычайных ситуациях : учебник для среднего профессионального образования / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 354 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-03180-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452122>

### *Периодические издания*

1 Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал.- Москва : Новые технологии, 2019

### *Интернет ресурсы:*

- 1 ЭБС Юрайт. - Интернет- ссылка <https://urait.ru/>
- 2 ЭБС BOOK.ru. - Интернет- ссылка <https://www.book.ru/>
- 3 ЭБС Лань. - Интернет-ссылка <https://e.lanbook.com/>
- 4 ЭБС IPRBooks. - Интернет- ссылка <http://www.iprbookshop.ru/>
- 5 НЭБ eLibrary. - Интернет-ссылка <https://www.elibrary.ru/>

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Пример оформления титульного листа**

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»**  
**Технический колледж С.И. Мосина**

**РЕФЕРАТ**

**по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**  
**на тему: «Боевые традиции Вооруженных Сил РФ»**

**Автор работы,**  
**студентка гр. \_\_\_\_\_**

**А.А. Петрова**

**Руководитель,**  
**преподаватель**

**П.П. Иванова**

**Тула 202\_\_**

Минобрнауки России  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
Технический колледж имени С.И. Мосина

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению практических работ**

**по учебной дисциплине**

**ЭКОНОМИКА ОРГАНИЗАЦИИ**

**по специальности**

**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств**  
**(по отраслям)**

**Тула 2020**

УТВЕРЖДЕНЫ

цикловой комиссией машиностроения

Протокол от «14» января 20 20 г. № 7

Председатель цикловой комиссии

 Т.В. Валуева

Автор: Амеличкина С.Г., преподаватель колледжа

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
Практическая работа №1. Расчёт длительности производственного цикла	6
Практическая работа №2. Расчет стоимости и амортизации основных фондов. Расчет показателей эффективности использования основных средств	9
Практическая работа №3. Расчет показателей эффективности использования оборотных средств	13
Практическая работа №4. Составление краткого бизнес - плана	17
Практическая работа №5. Расчет показателей обеспеченности трудовыми ресурсами	20
Практическая работа №6. Расчет расценок за единицу продукции. Начисление заработной платы	24
Практическая работа №7. Расчет себестоимости продукции	29
Практическая работа №8. Расчет цены продукции	33
Практическая работа №9. Расчет видов прибыли. Расчет видов рентабельности	36
Практическая работа №10. Расчет основных технико-экономических показателей деятельности организации	39

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В результате выполнения практических работ по дисциплине «Экономика организации» (предприятия) по специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)», обучающийся должен

**иметь практический опыт:**

- участия в анализе микро- и макроэкономического взаимодействия субъектов и объектов экономики;
- оценки эффективного использования материально-технических, трудовых и финансовых ресурсов организации;
- подготовки и оформления организационно-правовой документации, регулирующей производственно-хозяйственную деятельность.

**уметь:**

- рассчитывать эффективность использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов;
- находить и использовать современную информацию для технико-экономического обоснования деятельности организации;

**знать:**

- основы организации производственного и технологического процесса;
- материально-технические, трудовые и финансовые ресурсы отрасли и организации, показатели их использования;
- принципы обеспечения устойчивости объектов экономики;
- основы макро- и микроэкономики

Результат освоения рабочей программы по дисциплине «Экономика организации» влияет на формирование у студентов общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

Код	Наименование результата обучения
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 3	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
ОК 4	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК 6	Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 7	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.
ОК 10	Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).
ПК 4.5	Оценивать и обеспечивать эргономические характеристики схем и систем автоматизации.

**РАЗДЕЛ 2 Организация (предприятие) в условиях рынка**  
**Тема 2.2**  
**Производственная и организационная структура организации**

Практическая работа №1

<b>Тема работы:</b>	Расчёт длительности производственного цикла с различными видами движения предметов труда
<b>Цель работы:</b>	уметь: рассчитывать длительность производственного цикла с различными видами движения предметов труда. знать: организацию производственного процесса
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	1. Калькулятор

Теоретическая часть

Производственный цикл – промежуток времени от начала до конца производственного процесса. Производственный цикл в общем случае включает в себя:

- время работы – выполнение технологических операций, подготовительно-заключительных работ, контроля, транспортных операций;
- время межоперационных перерывов – ожидание поступления деталей с предыдущих операций, несовпадение выполнения операций на одном рабочем месте (пролёживание деталей), подготовка рабочих мест к работе др.;
- время междуменных перерывов – определено режимом работы предприятия (обеденный перерыв, перерыв между сменами, выходные и праздничные дни).

Элементы цикла перекрываются по времени. При расчёте длительности производственного цикла учитывают только те затраты времени которые не перекрываются временем технологических операций (например, на контроль, транспортировку).

Передача изделий с операции на операцию, с одного рабочего места на другое может быть последовательной, параллельной и последовательно-параллельной.

При последовательном виде движения передача деталей на последующую операцию производится партиями только после того, как все детали в партии были обработаны на предыдущей операции. С учётом того, что некоторые операции могут выполняться не на одном, а на нескольких рабочих местах, длительность обработки партии при этом будет определяться по формуле:

$$T_{\text{п}}^{\text{послед}} = n_{\text{д}} \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{n_{\text{м}i}}, \text{ где}$$

$n_{\text{д}}$  – число деталей в партии;

$i$  – номер операции;

$m$  – число операций;

$t_i$  – норма штучного времени по операциям;

$n_{\text{м}i}$  – число рабочих мест на операции.

При параллельном способе движения детали с операции на операцию передаются поштучно или небольшими транспортными партиями сразу на следующую операцию до окончания обработки всех остальных деталей в партии. Это уменьшает время

пролѣживания отдельных деталей и делает длительность обработки партии самой короткой.

$$T_n^{seq} = p \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n_{m,i}} + (n_d \cdot p) \frac{t_{d_{max}}}{n_{m,d_{max}}},$$

где:

$p$  – передаточная партия (шт);

$t_{d_{max}}$  – время выполнения наиболее трудоѐмой (главной) операции;

$n_{m,d_{max}}$  – число рабочих мест на главной операции.

При параллельно-последовательном виде движения деталей изготовление деталей на последующей операции начинается до окончания изготовления всей партии на предыдущей операции с таким расчѐтом, чтобы работа на каждой операции по данной партии в целом шла без перерывов. В отличие от параллельного вида движения здесь будет лишь частичное совмещение во времени выполнения смежных операций.

$$T_n^{p/n} = T_n^{seq} - \sum_{i=1}^{n-1} t_{min} (n_{d,i} - p), \text{ где}$$

$t_{min}$  – продолжительность менее длительной операции из рассматриваемой пары смежных операций.

Ознакомившись с теоретическим материалом, содержанием значением и методиками TQM, ответьте на контрольные вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

1. Рассчитайте длительность производственного цикла при последовательном виде движения деталей.
2. Рассчитайте длительность производственного цикла при параллельном виде движения деталей.
3. Рассчитайте длительность производственного цикла при параллельно-последовательном виде движения деталей.
4. Сделайте вывод о видах движения деталей.

### Исходные данные

Вариант	$n$	$p$	$T_{шт1}$	$T_{шт2}$	$T_{шт3}$	$T_{шт4}$	$T_{шт5}$	$T_{шт6}$
1	5	1	6,5	3,5	1,5	3,5	6,5	3
12	5	2	0,5	1	1,5	1	1,4	0,8
3	4	1	2,4	1,2	0,8	1,2	2,4	1,2
4	4	2	6	1,5	1,2	4	5	1,2
5	3	1	3	6,9	2	3,6	8	1,5
6	5	2	2,6	5	1	5	2,6	5
7	6	1	0,5	1	1,5	0,8	1,4	1
8	4	2	1,7	2,5	1	4,5	3	0,5
9	5	1	1,2	0,6	0,3	0,6	1,2	0,6
10	5	2	4	6	2	10	8	4



11	3	1	7,5	3	2	3,5	8,5	4
12	4	2	4	6	2	10	8	4
13	5	1	3,9	4	4,4	3,9	4,2	3,8
14	5	2	2	3	1	4	5	2
15	6	1	3,6	1,8	1,2	2,4	4,2	5
16	3	2	3	5	4	7	3	5
17	3	1	0,9	1,2	1,8	4,2	4,8	6
18	4	2	2	1	3	2,5	5	2,5
19	5	1	3,9	4	4,4	4	2	1,5
20	4	2	12	3	2,5	8	10	6

5. Ответить на контрольные вопросы:

- Что такое производственный цикл? Какова его структура и организация во времени?
- Какие виды движения деталей вы знаете? Каковы их преимущества и недостатки?
- Как определяется  $T_{\text{ц}}$  при параллельном виде движения деталей?
- Как определяется  $T_{\text{ц}}$  при параллельном виде движения деталей?
- Как определяется  $T_{\text{ц}}$  при параллельно-последовательном виде движения деталей?
- Что такое меньшая операция?
- Что такое большая операция?
- При каком виде движения деталей технологический цикл самый короткий?

## РАЗДЕЛ 3 Материально-техническая база организации

### Тема 3.1

#### Основные средства

##### Практическая работа №2

<b>Тема работы:</b>	Расчет стоимости и амортизации основных фондов.
<b>Цель работы:</b>	Расчет показателей эффективности использования основных средств уметь: рассчитывать по принятой методике показатели использования основных фондов, рассчитывать величину амортизационных отчислений. знать: методику расчёта
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

#### Теоретическая часть

Повышение уровня использования основных средств (фондов) является одной из важнейших задач предприятия. Оно оказывает существенное влияние на основные технико-экономические показатели работы предприятия. Показатели основных производственных фондов делятся на следующие группы:

1. Фондоотдача – выпуск продукции на 1 руб. стоимости основных производственных фондов. Она определяется:

$$\Phi_o = \text{ВП} / \Phi$$

где: ВП – объем выпущенной продукции;

$\Phi$  - среднегодовая стоимость ОПФ.

Среднегодовая стоимость ОПФ определяется:

$$\Phi = \Phi_n + (\Phi_k \cdot t_k) / 12 - (\Phi_l \cdot t_l) / 12$$

где:  $\Phi_n$  – стоимость ОПФ на начало года в руб.;

$\Phi_k$  и  $\Phi_l$  – стоимость соответственно вновь вводимых и ликвидируемых основных фондов.

$t_k$  – число полных месяцев эксплуатации вновь введенных ОПФ

$t_l$  – число месяцев, оставшихся со времени выбытия основных фондов до конца года.

2. Фондоемкость – показатель обратный фондоотдаче.

$$\Phi_e = \Phi / \text{ВП}, \text{ или } \Phi_e = 1 / \Phi_o$$

3. Фондовооруженность, степень вооруженности рабочих ОПФ:

$$\Phi_n = \Phi / \text{Ч}_{\text{ср}}$$

где  $\text{Ч}_{\text{ср}}$  – среднесписочная численность работающих.

4. Баланс основных производственных фондов определяется:

$$\Phi_k = \Phi_n + \Phi_k - \Phi_l$$

5. Коэффициент выбытия ОПФ:

$$K_n = \Phi_l / \Phi_n$$

6. Коэффициент ввода ОПФ

$$K_k = \Phi_k / \Phi_n$$

Одним из способов накопления средств для воспроизводства основных фондов предприятия является амортизация.

Амортизация — это процесс перенесения стоимости изношенной части основных производственных фондов на создаваемую продукцию или выполняемые работы, например погрузочно-разгрузочные. Изношенные основные фонды необходимо заменять. Возмещение изношенных основных фондов осуществляется за счет амортизационных отчислений. Месячная сумма амортизации рассчитывается как произведение первоначальной стоимости объекта и нормы амортизации:

$$A = \Phi_n \Leftrightarrow H_n / 100\%,$$

где  $A$  — месячная (годовая) сумма амортизации (руб.);

$\Phi_n$  — первоначальная балансовая стоимость основных средств (руб.);

$H_n$  — норма амортизации (%).

Норма амортизации для каждого объекта определяется по формуле:

$$H_n = \frac{1 \times 100\%}{N}$$

где  $N$  — срок полезного использования (месяцев).

### Практическая часть

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. Годовая норма амортизации — 24%; балансовая стоимость ОПФ — 162 тыс. руб.; остаточная стоимость — 131 тыс. руб. Определите сумму амортизации, начисляемая за месяц:

- а) 38,880 тыс. руб.
- в) 2,620 тыс. руб.
- б) 3,240 тыс. руб.
- г) 0,620 тыс. руб.

Задание 2. Действие каких факторов вынуждает прибегать к переоценке ОПФ? Кто определяет коэффициенты расчета восстановительной стоимости основных фондов?

- а) само предприятие
- б) администрация субъекта РФ
- в) Правительство РФ.

Задание 3. Как часто может производиться переоценка ОПФ?

- а) не более 1 раза в год.
- б) через 10 лет.
- в) периодически по особым решениям Правительства РФ.

Задание 4. Что понимают под восстановительной стоимостью ОПФ?

- а) фактическую стоимость в ценах, действующих в момент ввода в эксплуатацию основных фондов
- б) стоимость воспроизводства основных фондов в современных условиях
- в) стоимость основных фондов с учетом износа

Задание 5. Какой будет восстановительная стоимость однотипного оборудования, введенного в эксплуатацию в разное время?

- а) разная
- б) большая для оборудования, введенного в эксплуатацию позже

- в) большая для оборудования, введенного в эксплуатацию раньше.
- г) одинаковая.

Задание 6. Кто устанавливает срок полезного использования объекта основных фондов?

- а) само предприятие.
- б) налоговая инспекция.
- в) Правительство РФ.

Задание 7. облагаются ли амортизационные отчисления налогом?

- а) да
- б) нет.

Задание 8. Как изменится величина физического износа оборудования после проведения капитального ремонта?

- а) уменьшится.
- б) увеличится.
- в) не изменится.

Задание 9. Укажите натуральные показатели эффективности использования основных фондов?

- а) фондоотдача.
- б) коэффициент сменности работы оборудования
- в) фондовооруженность
- г) коэффициент интенсивного использования оборудования.

Задание 10. Определите норму амортизации  $N_a$  и сумму амортизации станочного оборудования, если его первоначальная стоимость – 300000 руб. Затраты на ликвидацию изношенного оборудования - 12000 руб., остаточная стоимость 4000 руб., срок службы – 5 лет.

11. Будут ли различаться первоначальные стоимости одинаковых станков, приобретенных у одного и того же производителя по одинаковой цене разными предприятиями?

- а) да.
- б) нет.

Задание 12. Цена приобретения единицы оборудования ( $C_{об.}$ ) составила 5000 руб. Затраты на транспортно-монтажные работы ( $З_{т.м.}$ ) составили 1000 руб. Темп роста производительности труда в отрасли ( $П_{отр.}$ ) – 3%. Норма амортизации ( $N_a$ ) – 10%. Экономический период амортизации ( $T_{эк.}$ ) – 7 лет.

Определите: первоначальную стоимость оборудования ( $C_{пер.}$ ), восстановительную стоимость оборудования ( $C_{вос.}$ ), остаточную стоимость оборудования ( $C_{ост.}$ ).

Задание 13. Определите среднегодовую стоимость ОПФ на конец года ( $\Phi_k$ ); коэффициент ввода ( $K_v$ ) и выбытия ( $K_{выб.}$ ) ОПФ по следующим данным:

Стоимость ОПФ на 01.09.93 – 94100 руб.,

Поступило 01.03.93 ОПФ на сумму – 10200 руб.,

Выбыло в связи с износом 01.10.93 – 34500., 01.12.93 – 1700 руб.

Задание 14. Первоначальная стоимость станка – 50000 руб., его ликвидационная стоимость – 4000 руб., срок службы – 10 лет.

Определите годовую сумму амортизационных отчислений и норму амортизации станка

Задание 15. Какому из этих 4-х ресурсов в экономике соответствуют основные фонды предприятия?

- а) предметам труда.

- б) средствам труда.
- в) рабочей силе.
- г) технологиям.

Задание 16. На начало года стоимость ОПФ составляла 30 млн.руб. В марте предприятие приобрело станки на сумму 6 млн.руб., а в июне было ликвидировано на 4 млн.руб. в среднем норма амортизации 12%. За год предприятие выпустило продукции на сумму 26 млн.руб. Определите: среднегодовую стоимость ОПФ; сумму амортизационных отчислений за год; фондоотдачу.

Задание 17. Первоначальная стоимость станка – 30000руб., Нормативный срок службы – 12 лет. Выручка от реализации отдельных деталей и узлов станка, стоимость лома после износа – 2500 руб. Определите норму амортизационных отчислений.

Задание 18. Определите показатели использования ОПФ: фондоотдачу, фондоемкость, фондовооруженность. Исходные данные: годовой выпуск продукции – 8000000 руб.; среднегодовая стоимость ОПФ – 400000руб.; среднегодовая численность – 2000 человек

Задание 19. В предприятии на начало года стоимость ОПФ составляла 9500руб. В течение года списано в связи с износом ОПФ на сумму 800руб. и введено в действие новых ОПФ на сумму 400руб. Годовой объем продукции составил 20700руб., при среднегодовой численности 23 человека. Определите фондоотдачу, фондоемкость, фондовооруженность.

Задание 20. Предприятие А выпустило за год продукции на сумму 2000000руб. при среднегодовой стоимости ОПФ-500000руб., предприятие Б выпустило за год продукции на сумму 2400000руб. при среднегодовой стоимости ОПФ-800000руб. Какое предприятие более эффективно использовало ОПФ?

**Тема 3.2**  
**Оборотные средства.**

Практическая работа №3

<b>Тема работы:</b>	Расчет показателей эффективности использования оборотных средств
<b>Цель работы:</b>	уметь: нормировать оборотные средства; рассчитывать показатели использования оборотных средств. знать: методику расчёта
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

**Теоретическая часть**

Норматив оборотных средств в производственных запасах ( $N_{пр.з}$ ) определяется на основе среднесуточного расхода материальных ресурсов ( $P_{сут}$ ), который представляет собой частное от деления суммы фактического расхода материальных ресурсов ( $P$ ) за определенный период (декада, квартал, год) на количество дней в данном периоде ( $D_n$ ):

$$P_{сут} = P / D_n$$

Норматив производственных запасов включает текущий, страховой, транспортный и технологический запасы. Текущий запас (ТЗ) предназначен для обеспечения производственного процесса материальными ресурсами между двумя поставками:

$$ТЗ = P_{сут} \Leftrightarrow I_{пл}$$

где  $I_{пл}$  — плановый интервал между двумя поставками, дни.

Страховой запас (СЗ) определяется в размере 50 % среднесуточного расхода материала ( $P_{сут}$ ), умноженного на разрыв в интервале поставок ( $I$ ), т. е. на разницу между фактическим временем поставки ( $I_{факт}$ ) и плановым ( $I_{пл}$ ):

$$СЗ = P_{сут} \times I \times 0,5$$

где  $I = I_{факт} - I_{пл}$ .

Необходимость иметь страховой запас объясняется постоянными нарушениями сроков поставок материальных ресурсов со стороны поставщика. Эти нарушения часто связаны с транспортной организацией, поэтому создается транспортный запас (ТРЗ). Его расчет ведется аналогично расчету страхового запаса.

Технологический запас ( $Тех_3$ ) создается, когда поставляемые материальные ресурсы не полностью отвечают требованиям технологического процесса и до запуска в производство должны пройти соответствующую обработку.

$$Тех_3 = (ТЗ + СЗ + ТРЗ) \Leftrightarrow K_{тех}$$

Общий объем поставки ( $N_{п.общ}$ ) равен сумме

$$H_{\Gamma\text{Зобн}} = TЗ + СЗ + TPЗ + TexЗ.$$

Стоимость производственного запаса ( $\Pi_{\text{из}}$ ) определяется как произведение общего объема поставки, уменьшенного на технологический запас, на цену единицы продукции ( $\Pi_{\text{г}}$ ):

$$\Pi_{\text{из}} = (\Pi\text{З}_{\text{обн}} - TexЗ) \times \Pi_{\text{г}}.$$

*Норматив по незавершенному производству* ( $H_{\text{изп}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{изп}} = C/D \Leftrightarrow D_{\text{пр.ц}} \Leftrightarrow K_{\text{н.з}}$$

где  $C$  — себестоимость выпуска товарной продукции в плановом периоде, тыс. руб.;

$D_{\text{пр.ц}}$  — длительность производственного цикла, дни;

$K_{\text{н.з}}$  — коэффициент нарастания затрат.

Коэффициент нарастания затрат определяется по формуле:

$$K_{\text{н.з}} = \frac{MЗ - 0,5(C - MЗ)}{C}$$

где  $MЗ$  — материальные затраты (руб.).

*Норматив готовой продукции* ( $H_{\text{гп}}$ ) определяется по формуле?

$$H_{\text{гп}} = \frac{C}{D} \Leftrightarrow \Gamma\Pi_{\text{г}}$$

где  $\Gamma\Pi_{\text{г}}$  — норма запаса готовой продукции, дней.

*Общая сумма нормируемых оборотных средств* ( $H_{\text{ос}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{ос}} = H_{\Gamma\text{Зобн}} + H_{\text{изп}} + H_{\text{гп}}.$$

Эффективное использование оборотных средств характеризуют три показателя: длительность одного оборота, коэффициент оборачиваемости, оборачиваемости в днях и коэффициент загрузки.

Продолжительность одного оборота в днях ( $O$ ) показывает, за какой срок к предприятию возвращаются его оборотные средства в виде выручки от реализации продукции.

$$O = \frac{C_{\text{о}} \times D_{\text{г}}}{B_{\text{т.п.}}}$$

где:  $C_{\text{о}}$  - остатки оборотных средств среднегодовые или на конец периода;

$D_{\text{г}}$  - число дней в отчетном периоде;

$B_{\text{т.п.}}$  - объем товарной продукции в руб.

Коэффициент оборачиваемости показывает число оборотов, совершаемых оборотными средствами за определенный период.

$$K_{\text{о}} = \frac{B_{\text{т.п.}}}{C_{\text{о}}}$$

где:  $B_{\text{т.п.}}$  - объем товарной продукции в руб.;

$C_{\text{о}}$  - остатки оборотных средств среднегодовые или на конец периода.

Коэффициент загрузки оборотных средств показатель обратный коэффициенту оборачиваемости. Он характеризует величину оборотных средств, приходящихся на единицу реализованной продукции.

$$K_{\text{з}} = \frac{C_{\text{о}}}{B_{\text{т.п.}}}$$

### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. Чистый вес изделия, изготовленного из стали, - 106 кг, норма расхода стали – 118 кг. Выпускается 2000 изделий в год. Поставка стали производится один раз в квартал. Транспортный запас 2 дня.

Определить величину среднесуточного запаса, величину производственного запаса и коэффициент использования стали.

Задание 2. Определить оборачиваемость оборотных средств (коэффициент оборачиваемости оборотных средств, длительность одного оборота в днях), если известно, что выпуск продукции за год составил 10000 ед.; себестоимость изделия – 80руб., цена изделия на 25% превышает его себестоимость; среднегодовой остаток оборотных средств – 50000руб.

Задание 3. Сколько стадий кругооборота оборотных средств Вы можете указать? Какое условие должно предъявляться к первой и последней стадии названного Вами цикла, чтобы предприятие могло функционировать нормально?

Задание 4. Как определяется потребность в оборотных средствах?

- а) путем их нормирования, в денежном выражении.
- б) на основании отчетных показателей и их роста в плановом периоде, в процентах.
- в) как отношение фактических оборотов в натуральных измерителях к объему работ, в рублях.

Задание 5. Длительность одного оборота оборотных средств – это время:

- а) необходимое для перехода оборотных средств из стадии незавершенного производства в стадию готовой продукции
- б) пробега документов от поставщика товара к потребителю
- в) с наступлением покупки производственных запасов для производства товаров до момента поступления денег на расчетный счет.

Задание 6. За какой промежуток времени оборотные средства возвращаются на предприятие?

- а) за один год
- б) за один оборот
- в) а несколько лет.

Задание 7. Изменится ли коэффициент оборачиваемости оборотных средств, если повысилась оптовая цена на одно из изделий выпускаемых предприятием?

- а) уменьшится
- б) увеличится
- в) не изменится.

Задание 8. Какими из перечисленных средств характеризуется эффективность использования оборотных средств?

- а) фондоотдачей.
- б) длительностью одного оборота.
- в) производительностью труда.
- г) сроком окупаемости капитальных вложений.

Задание 9. К какому источнику оборотных средств Вы отнесете вклады участников при создании предприятия?



- а) уставному капиталу.
- б) кредитам.
- в) бюджетным средствам.

Задание 10. Как соотносятся оборотные средства и оборотные производственные фонды?

- а) оборотные производственные фонды – составная часть оборотных средств.
- б) оборотные средства – составная часть оборотных производственных фондов

Задание 11. Стоимость реализованной продукции — 46млн. руб., валовая прибыль 10млн. руб., средний остаток, или норматив, оборотных средств — 9млн.руб. Определите оборачиваемость оборотных средств, т.е. количество оборотов и длительность одного оборота.

Задание 12. Определите дополнительный объем продукции в планируемом году при тех же оборотных средствах, если число оборотов увеличится на один. Исходные данные выпуск продукции в базисном году – 30000руб., средний размер оборотных средств в базисном году – 10000руб.

Задание 13. Определите норматив оборотных средств на готовую продукцию в расчете на квартал. Если выпуск продукции по плану на квартал, если выпуск продукции по плану на квартал – 54000 руб., норма оборота – 7,7 дня.

Задание 14. Определите скорость оборота основных фондов и коэффициент оборота, если выпуск продукции за год составил 9млн. руб., а средний размер основных фондов – 1млн. руб.

Задание 15. Фонды обращения, это

- а) расходы будущих периодов
- б) полуфабрикаты собственного производства
- в) готовая продукция на складе
- г) тара

Задание 16. Дайте определение следующим понятиям:

Оборотные средства, фонды обращения, оборачиваемость оборотных средств.

Задание 17. Какой элемент оборотных средств не нормируется:

- а) производственные запасы;
- б) незавершенное производство;
- в) дебиторская задолженность;
- г) расходы будущих периодов;
- д) готовая продукция

### Тема 3.3 Финансовые ресурсы организации

#### Практическая работа № 4

<b>Тема работы:</b>	Составление краткого бизнес-плана
<b>Цель работы:</b>	уметь: находить и использовать современную информацию для технико-экономического обоснования деятельности организации; составлять краткий бизнес – план знать: принципы обеспечения устойчивости объектов экономики;
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

#### Теоретическая часть

Бизнес-планирование – это объективная оценка собственной предпринимательской деятельности предприятия, - необходимое условие проектно-инвестиционных решений, в соответствии с потребностями рынка.

В общем случае бизнес-планирование предусматривает решение стратегических и тактических задач стоящих перед предприятием.

Пример задач бизнес - планирования в зависимости от участников процесса.

Сотрудники предприятия	Внешний менеджмент	Инвесторы и партнеры
Информирование служащих предприятия о целях, задачах и методах решения.	Организационно-управленческая и финансово-экономическая оценка состояния предприятия.	Определение источника финансирования на реализацию выбранной стратегии.
Координация действий всех подразделений предприятия при достижении целей бизнес-плана.	Выявление потенциальных возможностей предприятия, анализ сильных и слабых сторон деятельности.	Выявление и оценка рисков, которые могут помешать выполнению бизнес-плана.
Мотивация сотрудников на задачи выполнения бизнес-плана.	Формирование инвестиционных целей на планируемый период.	Расчет ожидаемых финансовых результатов деятельности.
Обоснование общих и специфических деталей функционирования предприятия в условиях рынка.	Разработка стратегии и тактики конкуренции.	
	Оценка финансовых, трудовых, материальных ресурсов, необходимых для достижения целей предприятия.	

Бизнес-план выполняет 5 функций:

1. Возможность его использования для разработки стратегии бизнеса.
2. Планирование – оценить возможности фирмы, контролировать процессы внутри фирмы.
3. Позволяет привлечь из вне денежные средства – ссуды, кредиты. Получить кредит не просто из-за возросшей невозвратности кредитов.
4. Позволяет привлечь к реализации планов потенциальных партнеров, которые могут вложить свой капитал и технологии. Решение вопроса о предоставленном капитале возможно лишь при наличии бизнес-плана, отражающего курс развития компании на определенный период времени.
5. Позволяет путем вовлечения всех сотрудников в процесс составления бизнес-плана улучшить информированность всех сотрудников о предстоящих действиях, скоординировать их усилия, распределить обязанности.

Для практической реализации бизнес- планирования должны соблюдаться следующие принципы:

1. Гибкость – постоянная адаптация к изменениям среды.
2. Непрерывность.
3. Коммуникативность, т. е. координация и интеграция усилий.
4. Интерактивность, т. е. творческий характер планирования.
5. Многовариантность, предусматривающая выбор лучшей цели.
6. Адекватность отражения реальных проблем и самооценки в процессе планирования.

Оптимальной и наиболее распространенной является следующая структура.

1. Резюме. Данный раздел бизнес-плана проекта оформляется после разработки всех остальных разделов при достижении полной ясности по всем аспектам предлагаемого проекта. Цель раздела — дать сжатый, краткий обзор проекта, способный заинтересовать инвестора в дальнейшем рассмотрении и изучении документа

2. Характеристика предприятия. Первую часть этого раздела бизнес-плана принято начинать с характеристики отрасли, чтобы показать место и роль предприятия в отраслевой иерархии и народном хозяйстве республики в целом.

3. Описание продукции, услуг. Основное назначения раздела — дать всестороннее представление о продукции (услуге), которая будет предложена потребителям.

4. План маркетинга. Это самый важный раздел бизнес-плана, поскольку в условиях действия рыночных отношений реализация продукции является наиболее трудным этапом движения капитала.

5. Производственный план. Цель данного раздела бизнес-плана — показать реальность производства планируемого объема продукции (услуг) соответствующего качества и в указанные сроки.

6. Программа производства и реализации продукции составляется на основании данных предыдущего раздела, содержит данные о годовых объемах производства в натуральном и стоимостном измерениях, выручке от реализации продукции, в том числе в СКВ.

7. Производственные мощности. В этом подразделе следует акцентировать внимание на следующих вопросах:

а) место изготовления продукции (на действующем или вновь создаваемом предприятии)

б) необходимые для этого производственные мощности, изменение их в динамике; требуемое оборудование (где его намечено приобрести, на каких условиях).

8. Материально-техническое обеспечение.

9. Стоимость (издержки) производства и сбыта — приводятся затраты по элементам себестоимости в базовом периоде и прогнозируемое изменение их в перспективе

10. Организационный план. В данном разделе бизнес-плана приводится комплексное обоснование мер и мероприятий по основным этапам реализации организационного плана.

11. Финансовый план. В данном разделе бизнес-плана приводится расчет потребности в финансовых ресурсах по предлагаемому проекту:

1) общая потребность в инвестициях по проекту, в том числе капитальные затраты, затраты под оборотные средства;

2) потребность в чистом оборотном капитале, в том числе текущие активы, краткосрочные обязательства.

12. Результатом большой неопределенности среды хозяйствования предприятий стало появление в составе объектов бизнес - планирования рисков хозяйственной деятельности. Так, в бизнес-плане нередко присутствует отдельный раздел, посвященный рискам, которые могут возникнуть в ходе реализации проекта. В данном разделе содержится анализ рисков, рассчитываются потери от рисков, указываются организационные меры по профилактике и нейтрализации рисков.

13. Юридический план. В этих разделах бизнес-плана проекта приводятся описание организационно-правовой формы будущего предприятия, юридические аспекты будущей деятельности.

### **Практическая часть.**

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. Насколько важно планирование в рыночной экономике и почему?

Задание 2. Как изменяется планирование и прогнозирование деятельности предприятия в условиях рыночной экономики?

Задание 3. Что такое бизнес- план, и в каких случаях он разрабатывается на предприятии?

Задание 4. Главная цель бизнес – плана – это

- а) выпуск запланированного объема продукции
- б) расширение предпринимательской деятельности
- в) получение прибыли
- г) создание предприятия

Задание 5. Разработать бизнес- план предприятия по приведенной выше структуре.

## Раздел 4. Кадры предприятия и оплата труда

### Тема 4.1

#### Кадры предприятия и производительность труда

##### Практическая работа №5

<b>Тема работы:</b>	Расчет показателей обеспеченности трудовыми ресурсами
<b>Цель работы:</b>	уметь: рассчитывать эффективность использования трудовых ресурсов; знать: трудовые ресурсы отрасли и организации, показатели их использования;
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

#### Теоретическая часть

Для характеристики трудового потенциала предприятия используется целая система показателей. Количественная характеристика персонала измеряется в первую очередь такими показателями, как списочная, явочная и среднесписочная численность работников.

*Списочная численность* - это количество работников списочного состава на определенную дату с учетом принятых и выбывших за этот день работников.

*Явочная численность* включает лишь работников, явившихся на работу.

Для определения численности работников за определенный период используется показатель среднесписочной численности.

Среднесписочная численность работников за месяц определяется как частное от деления суммы всех списочных данных за каждый день на календарное число дней в месяце. При этом в выходные и праздничные дни показывается списочная численность работников за предыдущую дату. Среднесписочная численность работников за квартал (год) определяется путем суммирования среднемесячной численности работников за все месяцы работы предприятия в квартале (году) и деления полученной суммы на 3 (12).

Движение работников на предприятии (оборот) характеризуют следующие показатели: коэффициент оборота по приему - это отношение численности всех принятых работников за данный период к среднесписочной численности работников за тот же период;

коэффициент оборота по выбытию - это отношение всех выбывших работников к среднесписочной численности работников;

коэффициент текучести кадров - это отношение выбывших с предприятия по неуважительным причинам (по инициативе работника, из-за прогулов и др.) к среднесписочной численности (определяется за определенный период).

Плановые расчеты по каждой категории работающих ведутся с применением различных методов определения необходимой их численности.

Расчетная численность промышленно-производственного персонала на плановый период определяется исходя из базисной численности (Чб), планируемого индекса изменения объема производства (Jq) и относительной экономии численности, полученной в результате расчетов роста производительности труда (Эч):

$$Ч_{ппп} = Чб * Jq - Эч$$

Более точным является метод расчета плановой численности промышленно-производственного персонала на основе полной трудоемкости изготовления продукции:

$$Ч_{плп} = t / (Б * К_{вн}),$$

где  $t$  - полная плановая трудоемкость производственной программы, чел.-ч.;

$Б$  - баланс рабочего времени одного работника (расчетный эффективный фонд рабочего времени);

$К_{вн}$  - ожидаемый коэффициент выполнения норм.

Общая численность рабочих (чел.), занятых на нормируемых работах, определяется по формуле:

$$Ч = t / m,$$

где  $t$  - плановая трудоемкость единицы определенного вида продукции, чел.-ч.;

$m$  - количество изделий данного вида продукции, единиц.

Численность основных рабочих, занятых на ненормируемых работах, а также вспомогательных рабочих рассчитывается по нормам обслуживания с учетом сменности работ.

При составлении баланса рабочего времени определяют число дней или часов, которое следует отработать каждому рабочему в течение планового периода, число дней неявок на работу, среднюю продолжительность рабочего дня одного среднесписочного рабочего.

В балансе рабочего времени различают три категории фонда времени: календарный, номинальный и эффективный.

**Календарный фонд** равен числу календарных дней планового периода, а **номинальный** - при условии прерывного производства - календарному с учетом вычета выходных и праздничных дней.

Номинальный фонд за вычетом неявок вследствие болезни, отпусков и выполнения общественных и государственных обязанностей составляет **эффективный фонд** рабочего времени.

Выработка ( $V$ ) измеряется количеством продукции, произведенной в единицу рабочего времени или приходящейся на одного среднесписочного работника или рабочего в год (квартал, месяц):

$$V = ТП \Leftrightarrow Ч_{ср}$$

где  $ТП$  — объем товарной (валовой или реализованной продукции), руб.;

$Ч_{ср}$  — среднесписочная численность работников (или рабочих), чел.

Это наиболее распространенный и универсальный показатель производительности труда.

Трудоемкость ( $T$ ) — это затраты времени на производство единицы продукции:

$$T = ВР \Leftrightarrow ПР$$

где  $ВР$  — количество отработанного времени, человеко-ч.;

$ПР$  — объем произведенной продукции, шт.

### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

1. Хронометраж – это:

- а) изучение операции путем наблюдения;
- б) измерение затрат рабочего времени на отдельные операции;
- в) изучение всех затрат рабочего времени в течение смены;
- г) изучение затрат времени на изготовление единицы продукции;
- д) изучение операции путем наблюдения и измерения затрат рабочего времени на отдельные элементы.

2. Цель хронометража:

- а) определение норм времени на отдельные операции;
- б) определение норм времени на изготовление единицы продукции;

- в) разработка нормативов времени;
- г) выявление и изучение новых приемов и методов работы;
- д) установление причин невыполнения норм времени;
- е) устранение всех потерь и лишних затрат рабочего времени.

3. Основная задача нормирования труда:

- а) установление необходимых затрат времени на производство единицы продукции (выполнение работы);
- б) анализ и проектирование рациональных условий, режимов и приемов работы;
- в) выявление резервов снижения трудовых затрат.

4. Определите категорию затрат рабочего времени на установку и снятие деталей на станочных работах:

- а) подготовительно-заключительное время; б) время обслуживания рабочего места;
- в) вспомогательное время; г) основное время.

5. Назовите, к какой категории затрат рабочего времени основного рабочего относится время на уборку рабочего места в серийном производстве:

- а) подготовительно-заключительное время;
- б) время технического обслуживания рабочего места;
- в) время организационного обслуживания рабочего места;
- г) оперативное время.

6. Какова необходимая и достаточная продолжительность наблюдений при фотографии рабочего дня работников экономических служб с целью изучения содержания их функций?

- а) один день; б) один месяц; в) одна неделя; г) один год.

7. Почему исследовательский метод нормирования применяется реже, чем расчетный:

- а) потому что менее точен
- б) потому что более трудоемок
- в) потому что требует специальных знаний

8. Назовите категории промышленно – производственного персонала.

9. Как определяется уровень производительности труда в машиностроительном производстве:

- а) выработкой продукции в единицу рабочего времени;
- б) затратами рабочего времени на единицу продукции;
- в) количеством выработанной продукции на одного работающего;
- г) объемом продукции на одного рабочего;
- д) объемом выпущенной продукции в год.

10. Каким показателем характеризуется уровень роста производительности труда на предприятии:

- а) снижением трудоемкости единицы продукции;
- б) внедрением новых технологических процессов;
- в) внедрением нового оборудования;
- г) сокращением общей численности работающих;
- д) применением передового опыта.

11. Как рассчитывается численность основных рабочих на предприятиях машиностроения:

- а) отношением фонда времени рабочего к трудоемкости продукции;
- б) вычитанием трудоемкости продукции из фонда времени рабочего;
- в) отношением числа рабочих мест к норме обслуживания;
- г) отношением трудоемкости продукции к фонду времени рабочего;
- д) суммированием трудоемкости продукции и фонда времени рабочего.

12. К промышленно-производственному персоналу относятся:

- а) работники, которые непосредственно связаны с производством и его обслуживанием;
- б) работники, которые непосредственно не связаны с производством и его обслуживанием;
- в) работники, которые организуют процесс управления предприятием.

13. Списочная численность работников предприятия — это:

- а) численность работников списочного состава на определенную дату с учетом прибывших и выбывших за этот день работников;
- б) численность работников списочного состава, явившихся на работу;
- в) отношение численности работников списочного состава за каждый календарный день месяца (включая праздничные и выходные дни) к числу календарных дней месяца.

14. Явочная численность — это:

- а) численность работников списочного состава на определенное число или дату с учетом принятых и выбывших за этот день работников;
- б) численность работников списочного состава, явившихся на работу (включая находящихся в командировке);
- в) отношение численности работников списочного состава за каждый календарный день месяца (включая праздничные и выходные дни) к числу календарных дней месяца.

15. Какие показатели используются для измерения производительности труда:

- а) фондоотдача, фондоемкость;
- б) выработка на одного рабочего;
- в) трудоемкость продукции;
- г) фондовооруженность;
- д) прибыль.

16. Какая экономическая проблема возникает на рынке труда при превышении спроса на рабочую силу над предложением:

- а) временная безработица;
- б) переквалификация кадров;
- в) нехватка рабочих мест;
- г) перемещение работников;
- д) вакансии рабочих мест.

17. Предприятие работает с 6 ноября. Для расчета среднесписочной численности необходимо:

- а) сумму списочной численности работников начиная с 6 ноября разделить на 25 дней;
- б) сумму списочной численности работников за ноябрь (включая праздничные и выходные дни) разделить на число календарных дней месяца;
- в) сумму списочной численности работников за ноябрь разделить на число рабочих дней в данном месяце.

18. На производственном участке в течение года необходимо обработать 50000 деталей. Сменная норма выработки – 25 деталей. Норма выполнения - в среднем 120%. Определите численность рабочих на участке, если в году 226 дней.



## Тема 4.2 Оплата труда

### Практическая работа №6

<b>Тема работы:</b>	Расчет расценок за единицу продукции. Начисление заработной платы.
<b>Цель работы:</b>	уметь: рассчитывать эффективность использования трудовых и финансовых ресурсов; знать: трудовые и финансовые ресурсы организации, показатели их использования;
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

### Теоретическая часть

#### Формы и системы оплаты труда

Существуют две основные формы заработной платы- повременная и сдельная

При повременной заработной плате размер заработной платы устанавливается в зависимости от количества отработанного времени (в часах или днях) и тарифной ставки (часовой или дневной) или установленного оклада.

При сдельной заработной плате размер заработной платы определяется в зависимости от количества произведенной продукции (работ, услуг) и расценок за единицу продукции (работ, услуг).

Расценки рассчитываются в соответствии с тарифной ставкой, соответствующей разряду данного вида работ, и с установленной нормой времени (выработки):

$$P_{\text{ед}} = Ч_{\text{тар}} \Leftrightarrow N_{\text{вр}} \text{ или } P_{\text{ед}} = Ч_{\text{тар}} / N_{\text{выр}}$$

где,  $Ч_{\text{тар}}$  - часовая тарифная ставка по разряду данного вида работ;

$N_{\text{вр}}$  - норма времени на выполнение единицы работы, ч;

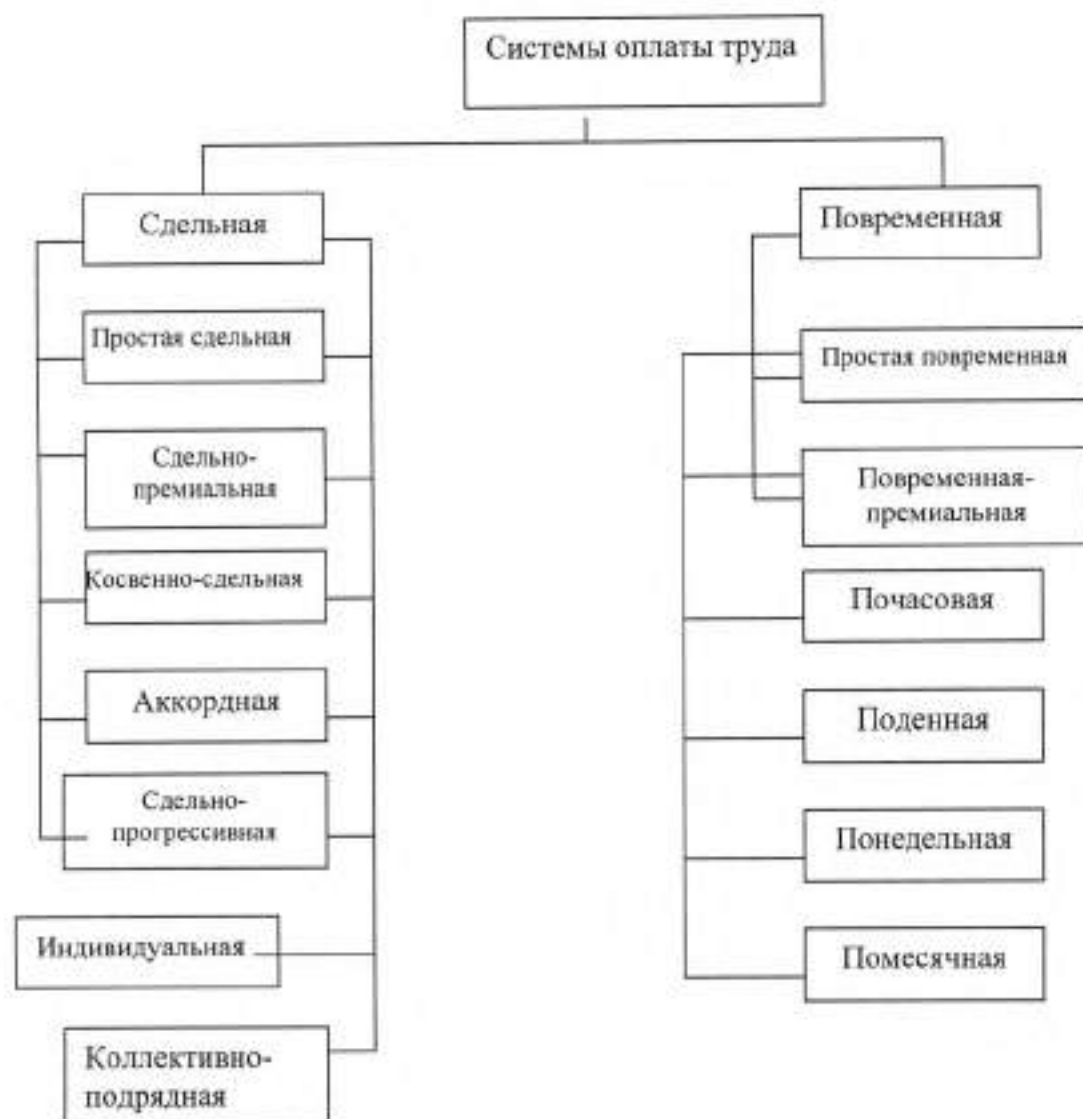
$N_{\text{выр}}$  - норма выработки за единицу времени.

При сдельной премиальной системе рабочих сверх заработной платы по прямым сдельным расценкам дополнительно получает премию за определенные количественные и качественные показатели, предусмотренные действующими на предприятии условиями премирования.

При косвенно- сдельной системе заработная плата рабочего зависит от результатов труда обслуживаемых им рабочих сдельщиков.

При аккордной системе расценки устанавливаются на весь объем работы, а не на отдельную операцию.

При сдельной - прогрессивной системе труда труд рабочего в пределах выполнения норм оплачивается по прямым сдельным расценкам, а при выработке сверх этих исходных норм – по повышенным.



### Тарифная система оплаты труда.

Тарифная система – это совокупность государственных нормативов, посредством которых осуществляются дифференциация и регулирование оплаты труда различных групп работников в зависимости от сложности и условий труда, особенностей и народнохозяйственного значения отдельных отраслей и районов страны.

Основными элементами тарифной системы являются Единый тарифно-квалификационный справочник, тарифная сетка, тарифные ставки, тарифные коэффициенты.

*Единый тарифно-квалификационный справочник* предназначен для тарификации рабочих, классификации работ по разрядам и распределения рабочих по профессиям и разрядам. В нем содержатся подробные производственные характеристики различных видов работ, указывается, что рабочий день должен знать и что он должен уметь.

*Тарифная ставка* определяет размер оплаты труда рабочего за единицу времени (час, смена, месяц).

*Тарифная сетка* служит для установления соотношений в оплате труда рабочих в зависимости от их квалификации. Каждому разряду присвоены определенные тарифные

коэффициенты, показывающие, во сколько раз тарифная ставка данного разряда выше ставки 1-го разряда.

Средняя степень сложности работ, выполняемых рабочими на предприятии или в его структурных подразделениях, а также средняя квалификация списочного состава рабочих определяются с помощью среднего тарифного коэффициента- среднеарифметической величины из тарифных коэффициентов, взвешенных по численности рабочих каждого разряда или по трудоемкости работ



#### Основные характеристики тарифной сетки.

При коллективной форме оплаты труда, как известна тарифная ставка каждого рабочего, средняя тарифная ставка определяется как среднеарифметическая величина из тарифных ставок, взвешенных по численности рабочих.

При отсутствии данных о тарифных ставках рабочих, но при известном среднем тарифном коэффициенте средняя тарифная ставка определяется по формуле:

$$T_c = T_1 K_c,$$

где,  $T_1$  - тарифная ставка 1-го разряда;

$K_c$  - средний тарифный коэффициент

#### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. Технологическая трудоемкость изготовления узла машины составляет 240 норма-часов, в том числе по III разряду - 85 норма-часов, по IV разряду - 140 норма-часов, по V разряду - 15 норма-часов. Определить средний тарифный коэффициент и

среднюю тарифную ставку по данному виду работ, если часовая тарифная ставка I разряда – 0,5 руб. III разряда - 1204 руб. IV разряда – 1352 руб. V разряда – 1537руб.

Задание 2. Часовая тарифная ставка I разряда 0,5 руб. диапазон тарифной сетки 18. за работу в тяжелых и вредных условиях труда установлена надбавка к тарифной ставке 12%. Рассчитайте часовую тарифную ставку IV разряда для рабочих с нормальными и вредными условиями труда.

Задание 3. Назовите систему оплаты труда, при которой:

- а) заработная плата начисляется за объем произведенной продукции с выплатой премии за выполнение и перевыполнение планового задания;
- б) заработная плата начисляется за фактически отработанное время по установленным тарифным ставкам или окладам ;
- в) заработная плата рабочего зависит от результатов труда обслуживаемых им рабочих-сдельщиков;
- г) заработная плата в пределах выполнения норм оплачивается по прямым сдельным расценкам, а при выработке сверх этих исходных норм — по повышенным

Задание 4.Рабочий – повременщик с месячным окладом 3000руб. в соответствии с табелем учета использования рабочего времени из 20 календарных дней отработал 17дней. Положением о премировании предусмотрена выплата ежемесячной премии в размере 25% от оклада. Определить заработную плату рабочего.

Задание 5. Техник с должностным окладом 5000руб. в соответствии с табелем учета использования рабочего времени из 20 календарных дней отработал 20 дней. Положением о премировании предусмотрена выплата ежемесячной премии в размере 40% от оклада. Определить заработную плату техника.

Задание 6. Бригада из трех человек выполнила необходимый объем работ в установленные сроки (затратив при этом 120 рабочих часов). При этом Петров А.А. отработал 40 часов, Николаев Р.И. отработал 32 часа, Сидоров И.Ф. отработал 48 часов. Размер вознаграждения за все виды работы составил 6000руб. В соответствии с заявлением работников оплата труда определяется без учета тарифного разряда рабочего, в зависимости от количества часов, отработанных каждым членом бригады. Рассчитать заработную плату каждого члена бригады.

Задание 7. Назовите особенности повременной и сдельной оплаты труда.

Задание 8.Рабочий сдельщик выполнил норму выработки на 110%. Заработная плата по сдельным расценкам составила 4000руб. В соответствии с договором оплата изделий произведенных сверх 100% проводится в 1,5 размере к сдельным расценкам. Определить заработную плату рабочего.

Задание 9. Назовите категории, на которые распределяется промышленно – производственный персонал.

Задание 10. На производственном участке в течение года необходимо обработать 50000 деталей. Сменная норма выработки – 25 деталей. Норма выполнения - в среднем 120%. Определите численность рабочих на участке, если в году 226 дней.

Задание 11.Назовите систему оплаты труда, при которой расценка устанавливается на весь объем работы, а не на отдельную операцию.

Задание 12. Рассчитайте заработную плату рабочего по сдельно – премиальной оплате труда по следующим данным: норма затрат труда – 0,4 человека- часа на изделие, расценка за изделие – 0,3068, отработано 176 человека – часов, произведено 485 деталей. Премия выплачивается за 100% выполнение норм – 10%, за каждый процент перевыполнения – 1,5% сдельного расценка.

Задание 13. Рассчитайте заработок по сдельно – прогрессивной системе труда по следующим данным: норма затрат труда на деталь – 2 человека- часа, произведено 100 деталей по расценке 1,537 руб. за деталь, отработано 22 смены по 8 часов каждая. За детали, произведенные сверх нормы, оплата производится по расценкам, увеличенным в 1,5 раза.

Задание 14. Оплата труда по тарифной ставке рабочего – наладчика, обслуживающего бригаду участка цеха. Составляет 3000руб. План выработки участка составляет 500 изделий. В отчетном месяце на участке, который обслуживает рабочий – наладчик, было изготовлено 550 изделий.

## Раздел 5. Основные технико-экономические показатели деятельности организации

### Тема 5.1

#### Издержки производства и реализация продукции по статьям и элементам затрат

#### Практическая работа №7

<b>Тема работы:</b>	Расчет себестоимости продукции..
<b>Цель работы:</b>	уметь: рассчитывать материально-технические, трудовые и финансовые ресурсы организации, показатели их использования; знать: основы микроэкономики
Количество часов:	2.
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

#### Теоретическая часть

##### Себестоимость продукции.

Себестоимость определяет возможности и границы реализации функций цены. Известно, что себестоимость является нижним пределом цены, т. е. определяет границу возможного маневрирования при проведении той или иной политики цен, когда осуществляется их стимулирующая функция.

Себестоимость продукции характеризуется показателями, выражающими:

*общий объем затрат* на всю произведенную продукцию и выполненные работы предприятия за плановый (отчетный) период — себестоимость товарной продукции, сравнимой товарной продукции, реализованной продукции;

*затраты на единицу объема выполненных работ* — себестоимость единицы отдельных видов товарной продукции, полуфабрикатов и производственных услуг (продукции вспомогательных цехов), затраты на 1 руб. товарной продукции, затраты на 1 руб. нормативно чистой продукции.

Суммарные затраты на производство и реализацию продукции можно считать как по фактическим расходам, так и по нормативным.

На отечественных предприятиях по объему учитываемых затрат принято различать следующие виды себестоимости:

- *технологическая себестоимость*, включающая в себя только прямые затраты на производство по таким статьям, как: сырье и материалы, возвратные отходы (вычитаются), топливо и энергия на технологические цели, заработная плата основных производственных рабочих.
- *цеховая себестоимость* — образуется путем добавления к технологической себестоимости калькуляционных статей затрат, формирующихся на уровне цеха: дополнительной заработной платы основных производственных рабочих, отчислений на социальные нужды основных производственных рабочих, отчислений на социальные нужды основных производственных рабочих и общепроизводственных расходов;
- *производственная себестоимость (себестоимость готовой продукции)* — кроме цеховой себестоимости, включает в себя общезаводские расходы (административно-управленческие и общехозяйственные затраты) и затраты вспомогательного производства;
- *полная себестоимость, или себестоимость реализованной (отгруженной) продукции*, — показатель, объединяющий производственную себестоимость продукции (работ, услуг) и расходы по ее реализации (коммерческие затраты, внепроизводственные затраты).

В состав себестоимости включаются:

- сырье и материалы;

- возвратные отходы (вычитаются);
- покупные изделия, полуфабрикаты и услуги производственного характера сторонних предприятий и организаций;
- топливо и энергия на технологические цели;
- заработная плата производственных рабочих;
- отчисления на социальные нужды;
- расходы на подготовку и освоение производства;
- общепроизводственные расходы;
- общехозяйственные расходы;
- потери от брака;
- прочие производственные расходы;
- коммерческие расходы.

### Пример

Предприятие производит два вида продукции — А и Б. Затраты на изготовление единицы продукции в плановом периоде данных видов приведены в таблице

#### Затраты на изготовление единицы продукции в плановом периоде

Виды затрат	А	Б
Сырье и основные материалы (МЗ), руб.	30	50
Покупные комплектующие изделия (ПКИ), руб.	70	25
Топливо и энергия на технологические цели (ТЭ), руб.	9	10
Основная заработная плата производственных рабочих (ОЗП), руб.	85	60
Дополнительная заработная плата производственных рабочих (ДЗП), руб.	25,5	18
Отчисления на социальные нужды (ОСН), руб.	43,65	30,81

Коммерческие расходы (КР) — 1 % от производственной себестоимости ( $C_{пр}$ ). Общий фонд заработной платы производственных рабочих (ФОТ) — 1200000руб. в год. Общепроизводственные расходы ( $P_{опр}$ ) — 2900000руб., общехозяйственные расходы ( $P_{ох}$ ) — 700000руб. в год. Объем производства (Q) составляет: продукт А — 8000 изделий, продукт Б — 4800 изделий.

Определите полную себестоимость каждого вида продукции, если косвенные затраты ( $Z_{косв}$ ) по видам продукции распределяются пропорционально:

- заработной плате производственных рабочих (основной и дополнительной);
- доле вида продукции в общем объеме производства.

#### Решение

1. Полная себестоимость единицы продукции ( $C_{пол.}$ ) представляет собой сумму затрат на ее производство и реализацию, которая рассчитывается по формуле

$$C_{пол.} = C_{пр} + КР$$

2. Производственная себестоимость единицы продукции представляет собой сумму затрат на производство продукции и может быть рассчитана в соответствии с условием задачи по формуле:

$$C_{пр} = МЗ + ПКИ + ТЭ + ОЗП + ДЗП + ОСН + Z_{косв.}$$

3. Сумма косвенных расходов по видам продукции рассчитывается по формуле:

$$Z_{косв.} = P_{опр.} + P_{ох.}$$

4. Для распределения косвенных расходов по видам продукции пропорционально заработной плате производственных рабочих необходимо рассчитать норматив распределения косвенных расходов ( $H_{рк}$ ) по формуле:

$$H_{рк} = \frac{Z_{косв.}}{ФОТ}$$

Тогда сумма косвенных расходов, приходящихся на единицу продукции каждого вида, будет равна:

$$Z_{косв.i} = (ОЗП_i + ДЗП_i) \Leftrightarrow H_{рк}$$

5. Для распределения косвенных расходов пропорционально объему продукции необходимо рассчитать долю каждого вида продукции в общем объеме производства ( $D_i$ ) по формуле:

$$D_i = \frac{Q_i}{Q}$$

Тогда сумма косвенных расходов, приходящихся на единицу продукции каждого вида, будет равна:

$$Z_{\text{косв } i} = \frac{D_i \times Z_{\text{косв}}}{Q}$$

1. При условии распределения косвенных затрат пропорционально зарплате производственных рабочих:

$$\begin{aligned} N_{\text{рж}} &= 3\,600\,000 / 1\,200\,000 = 3. \\ Z_{\text{косв.А}} &= (85 + 25,5) \times 3 = 331,5 \text{ руб.} \\ Z_{\text{косв.Б}} &= (60 + 18) \times 3 = 234 \text{ руб.} \\ C_{\text{тр.А}} &= 30 + 70 + 9 + 85 + 25,5 + 43,65 + 331,5 = 594,65 \text{ руб.} \\ C_{\text{тр.Б}} &= 50 + 25 + 10 + 60 + 18 + 30,81 + 234 = 427,81 \text{ руб.} \\ КР_{\text{А}} &= 594,65 \times 0,01 = 5,95 \text{ руб.} \\ КР_{\text{Б}} &= 427,81 \times 0,01 = 4,28 \text{ руб.} \\ C_{\text{пол.А}} &= 594,65 + 5,95 = 600,6 \text{ руб.} \\ C_{\text{пол.Б}} &= 427,81 + 4,28 = 432,09 \text{ руб.} \end{aligned}$$

2. При условии распределения косвенных затрат пропорционально объему продукции:

$$\begin{aligned} N_{\text{р.А}} &= 8000 / 12\,800 = 0,625. \\ N_{\text{р.Б}} &= 4800 / 12\,800 = 0,375. \\ Z_{\text{косв.А}} &= 0,625 \times 3\,600\,000 / 8000 = 281,25 \text{ руб.} \\ Z_{\text{косв.Б}} &= 0,375 \times 3\,600\,000 / 4800 = 281,25 \text{ руб.} \\ C_{\text{тр.А}} &= 30 + 70 + 9 + 85 + 25,5 + 43,65 + 281,25 = 544,4 \text{ руб.} \\ C_{\text{тр.Б}} &= 50 + 25 + 10 + 60 + 18 + 30,81 + 281,25 = 475,06 \text{ руб.} \\ КР_{\text{А}} &= 544,4 \times 0,01 = 5,44 \text{ руб.} \\ КР_{\text{Б}} &= 475,06 \times 0,01 = 4,75 \text{ руб.} \\ C_{\text{пол.А}} &= 544,4 + 5,44 = 549,84 \text{ руб.} \\ C_{\text{пол.Б}} &= 475,06 + 4,75 = 479,81 \text{ руб.} \end{aligned}$$

### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. При превышении темпов роста средней заработной платы над темпами роста производительности труда себестоимость продукции:

- снижается
- повышается
- остается без изменения

Задание 2. Предприятие имеет следующие показатели деятельности: стоимость основного материала – 640000руб., оплата труда – 52000руб., амортизационные отчисления – 28000руб., прочие цеховые расходы – 4%. Определите цеховую себестоимость

Задание 3. Опишите цель и задачи планирования себестоимости на предприятии машиностроения.



Задание 4. Определите влияние на относительный результат по себестоимости продукции следующих экономических элементов:

Показатели	План	Отчет
Себестоимость – всего, руб.	2000	2300
В том числе:		
Материалы	800	840
Оплата труда	400	480
Отчисления на госстрахование	160	192
Амортизация	440	400
Прочие	200	388

Задание 5. Перечислите основные виды себестоимости продукции.

Задание 6. По каким критериям, и на какие группы классифицируются затраты предприятия?

Задание 7. Каково содержание и роль классификации затрат по статьям калькуляции?

Задание 8. Производственная себестоимость включает затраты:

- а) цеха на производство данного вида продукции
- б) цеховую себестоимость и общезаводские расходы**
- в) на производство и сбыт продукции
- г) на коммерческую себестоимость

Задание 9. Для производства 1 тонны стальных слитков необходимо произвести затраты на:

- Сырье и материалы – 850руб.
- Топливо, энергия - 70руб.
- Зарплата с начислениями – 55руб.
- Амортизация - 120руб.
- Прочие расходы –95руб.

Общезаводские расходы составляют –120руб., расходы на реализацию – 60руб.

Определить цеховую, производственную и полную себестоимость 1 тонны продукции.

Задание 10. По отчетным данным установлена экономия материалов за счет снижения норм на 8% и за счет снижения цен на 3%. Себестоимость товарной продукции по отчету составила 120000 руб., затраты на сырье и материалы – 80800 руб. Определить влияние указанных факторов на себестоимость продукции

Задание 11. Предприятие имеет следующие показатели производственной деятельности:

Стоимость основного материала -640000руб., оплата труда-52000руб., амортизационные отчисления-28800 руб., доля амортизационных затрат в цеховых расходах-0,12. Прочие цеховые расходы-4%. Определите цеховую себестоимость продукции

## Тема 5.2 Ценообразование

### Практическая работа № 8

<b>Тема работы:</b>	Расчет цены продукции
<b>Цель работы:</b>	уметь: рассчитывать эффективность использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов; знать: принципы обеспечения устойчивости объектов экономики
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

### Теоретическая часть

Цена — это денежное выражение стоимости товара, т. е. то количество (сумма) денег, которое покупатель платит за товар.

Ценовая политика — это механизм или модель принятия решений о поведении предприятия на основных типах рынков для достижения поставленных целей хозяйственной деятельности.

Расчет цены на товар предполагает выполнение ряда последовательных этапов.

- Постановка целей и задач ценообразования. Рассчитывая цену, фирма должна четко определить для себя, каких целей она хочет добиться с помощью установленной цены на данный товар, и чем четче будет сформулирована цель, тем более правильно будет установлена цена.
- Определение спроса.
- Оценка издержек производства. Издержки производства определяют минимальную цену товара. Поэтому на данном этапе предприятие определяет постоянные, переменные и валовые издержки производства при различных объемах выпуска.
- Анализ цен и качества товаров конкурентов. Если товар аналогичен товару основного конкурента, то предприятие вынуждено будет назначить цену, близкую к цене товара этого конкурента, в противном случае оно может потерять сбыт. Если же его товар ниже по качеству, то предприятию невыгодно устанавливать цену такую же, как у конкурента. Выше цену можно установить только в том случае, если его товар выше по качеству.
- Выбор метода ценообразования. Предприятию надо стремиться выбрать такой метод, который позволит более правильно определить цены на конкретный товар.
- Расчет исходной цены. На основе выбранного метода определяется возможный уровень цены.
- Учет дополнительных факторов. Прежде чем определить окончательный уровень цены, предприятие должно учесть ряд дополнительных факторов, влияющих на уровень цены, проверить соблюдение целей ценовой политики, учесть реакцию на уровень цены покупателей, посредников, конкурентов, государства и т. д.
- Установление окончательной цены. На этом этапе устанавливается окончательный уровень цены, оформляются соответствующие документы

### Пример

Определите розничную цену единицы продукции ( $C_{розн}$ ), если себестоимость единицы продукции ( $C$ ) – 15руб., рентабельность продукции ( $R$ ) -10, НДС - 10 %, торговая надбавка ( $ТН$ ) – 20%

### Решение

Оптовая цена предприятия ( $C_{опт}$ ) определяется по формуле:

$$C_{опт} = C + \frac{R \times C}{100\%} = 16,5 \text{руб.}$$

Оптово-отпускная цена ( $C_{оотп}$ ) определяется по формуле:

$$C_{оотп} = C_{опт} + \frac{C_{оотп}}{100\%} \times \text{НДС} = 18,15 \text{руб.}$$

Розничная цена на продукцию определяется по формуле:

$$C_{розн} = C_{оотп} + \frac{ТН \times C_{оотп}}{100\%} = 21,78 \text{руб.}$$

Выбор ценовой стратегии составляет содержание концепции предприятия в определении цен на свою продукцию. Этим определяется планирование выручки и прибыли предприятия от продажи товара. Предприятию, работающему в рыночных условиях, прежде всего необходимо выработать стратегию и принципы определения цен, руководствуясь которыми оно может решать стоящие перед ним задачи.

Нейтральная стратегия ценообразования исходит из того, что определение цены на новую продукцию осуществляется на основе учета фактических издержек ее производства, включая среднюю норму прибыли на рынке или в отрасли, определяемую по формуле:

$$Ц = C + A + П_{ср} \cdot (C + A)$$

где  $C$  — издержки производства

$A$  — административные расходы и расходы по реализации

$П_{ср}$  — средняя норма прибыли на рынке или в отрасли

Изменение критического объема продукции определяется

$$Q_k = C \left( \frac{1}{Ц - H_2} - \frac{1}{Ц - H_1} \right)$$

Где  $H_1$  и  $H_2$  — соответственно удельные переменные расходы в I и II кварталах.

### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. Продолжите следующие высказывания.

Цены классифицируются в соответствии с определенными признаками:

- В зависимости от территории действия различают \_\_\_\_\_
- В зависимости от сферы регулирования различают \_\_\_\_\_
- По времени действия подразделяются \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Задание 2. В чем состоит ценовая политика предприятия?

Задание 3. Какие различают методы расчета предполагаемой цены?

Задание 4. Определите максимальный уровень цен закупки сырья в соответствии с расчетными данными:

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Численные значения
1	Розничная цена товара	руб./т	8316
2	Торговая надбавка	%	12
3	Налог на добавленную стоимость (НДС)	%	10
4	Рентабельность продукции	%	25
5	Издержки производства и реализации продукции без учета стоимости сырья	руб./т	1080
6	Удельный расход сырья на единицу готовой продукции	т/т	15

Задание 5. В I квартале удельные переменные расходы на изделие составили 95 руб., цена единицы продукции-125 руб., общие постоянные расходы-100000 руб. Во II квартале цены на сырье выросли на 10%, что привело к росту переменных расходов также на 10%. Определите, как изменение цен на сырье повлияло на критический объем продукции.

Задание 6. Цена на изделие, составляющая в I квартале 200 руб., во II квартале повысилась на 10%. Постоянные издержки составляют 200000 руб. Удельные переменные издержки-60 руб. Рассчитайте, как изменение цены повлияло на критический объем.

## Тема 5.3 Прибыль и рентабельность

### Практическая работа №9

<b>Тема работы:</b>	Расчет видов прибыли. Расчет видов рентабельности
<b>Цель работы:</b>	уметь: рассчитывать эффективность использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов; знать: принципы обеспечения устойчивости объектов экономики
Количество часов:	2
Материально - техническое оснащение:	Калькулятор

### Теоретическая часть

Валовая прибыль представляет собой сумму прибыли (убытка) от реализации продукции (работ, услуг), основных фондов (включая земельные участки), иного имущества предприятия и доходов от внереализационных операций, уменьшенных на сумму расходов по этим операциям. Прибыль (убыток) от реализации продукции (работ, услуг) определяется как разница между выручкой от реализации продукции (работ, услуг) без НДС и акцизов и затратами на производство и реализацию, включаемыми в себестоимость продукции (работ, услуг).

$$П_в = П_{рп} + П_{рф} + П_{вн},$$

где  $П_в$  — валовая прибыль;

$П_{рп}$  — прибыль от реализации продукции (работ, услуг);

$П_{рф}$  — прибыль от реализации основных фондов и иного имущества предприятия;

$П_{вн}$  — прибыль от внереализационных операций.

Прибыль от реализации продукции (работ, услуг) характеризует чистый доход, созданный на предприятии, — это финансовый результат, полученный от основной деятельности предприятия, которая может осуществляться в любых видах, зафиксированных в его уставе и не запрещенных законом.

$$П_{рп} = В_d - \text{НДС} - А - И$$

где  $П_{рп}$  — прибыль от реализации продукции (работ, услуг);

$В_d$  — выручка (валовой доход) от реализации продукции (работ, услуг);

НДС — налог на добавленную стоимость;

А — акцизы;

И — затраты на производство и реализацию продукции (работ, услуг).

Рентабельность определенного изделия определяется:

$$R_{пр} = \frac{П}{С} 100\%.$$

где:  $R_{пр}$  - рентабельность определенного изделия;

П – прибыль от производства изделия;

С – себестоимость.

Рентабельность продаж (реализации) ( $P_p$ ) — это отношение прибыли от реализации продукции ( $\Pi_p$ ) к выручке ( $B$ ):

$$P_p = \frac{\Pi_p}{B} \Leftrightarrow 100\%$$

Рост прибыли за счет увеличения объема производства и реализации продукции определяется:

$$\Delta\Pi = \left( \frac{Q_{от}}{Q_{баз}} - 1 \right) \times \Pi_{реал.}$$

где:  $Q_{от}, Q_{баз}$  — объем реализованной продукции в базисном и отчетном периодах;  
 $\Pi_{реал.}$  — прибыль от реализации продукции в базисном периоде.

Рост (снижение) уровня общей рентабельности в результате изменения балансовой прибыли определяется:

$$\Delta P = \frac{\Pi_{от} - \Pi_{баз}}{ОПФ + НОС} \times 100$$

### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. Рыночная цена на товар предприятия составляет 6000руб., объем выпуска товарной продукции – 40 шт., полная себестоимость единицы товара – 4500руб. Определите прибыль от реализации продукции, рентабельность продукции.

Задание 2. Выручка от реализации продукции – 500000 руб., затраты на производство продукции -390000 руб., прибыль от реализации материальных ценностей – 14000 руб., прибыль от внереализованных операций – 12000 руб. Определите балансовую прибыль, уровень рентабельности реализованной продукции.

Задание 3. Определите рост прибыли в отчетном периоде по сравнению с базисным, если объем реализованной продукции в отчетном году составил 340000 руб., в базисном – 300000руб., прибыль от реализации в базисном году – 56000 руб.

Задание 4. Балансовая прибыль предприятия в отчетном году составила 56000 руб., в базисном – 64000 руб., среднегодовая стоимость ОПФ в отчетном году - 724000 руб., среднегодовой остаток оборотных средств - 32000 руб. Определите изменение уровня общей рентабельности.

Задание 5. Рыночная цена на товар предприятия составляет 5000руб., объем выпуска товарной продукции – 540 шт., полная себестоимость единицы товара – 3 500руб. Определите прибыль от реализации продукции, рентабельность продукции.

Задание 6. Выручка от реализации продукции – 1500000 руб., себестоимость реализованной продукции – 993000 руб., доходы от внереализованных операций – 50000 руб., расходы от внереализованных операций – 74000 руб., прибыль от реализации материальных ценностей – 10000 руб. Определите балансовую прибыль, уровень рентабельности реализованной продукции.

Задание 7. Дайте определение прибыли. В чем её роль в экономике предприятия?

Задание 8. Сравните рентабельность продукции за три квартала на основе следующих данных:

Показатели	Ед. измерения	Квартал года		
		I	II	III
Количество выпущенных изделий	шт.	1500	2000	1800
Цена одного изделия	руб.	60	60	60
Себестоимость одного изделия	руб.	50	52	48

**Тема 5.4**  
**Показатели работы организации (фирмы)**

Практическая работа №10

<b>Тема работы:</b>	Расчет основных технико-экономических показателей деятельности организации
<b>Цель работы:</b>	уметь: рассчитывать эффективность использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов; знать: основы макро- и микроэкономики.
<b>Количество часов:</b>	2
<b>Материально - техническое оснащение:</b>	Калькулятор

**Теоретическая часть**

Информацию, получаемую в результате экономического анализа, используют в основном три категории объектов:

- Собственники и менеджеры, управленческий персонал фирмы;
- Бизнесмены, коммерческие структуры, являющиеся фактическими или потенциальными партнерами;
- Органы власти, осуществляющие функции государственного регулирования общественного правительства, обмена, контроля экономической деятельности предприятия.



Основные направления экономического анализа хозяйственной деятельности предприятия.



Анализ деятельности предприятий необходим в условиях, как централизованной, так и рыночной экономики.

Комплексный анализ осуществляется по следующим направлениям:

1. Финансовая устойчивость и платежеспособность предприятия (определять коэффициент автономии, т.е. зависимость предприятия от заемного капитала);
2. Интенсивность использования капитала (определяется доходность вложенного капитала через коэффициент рентабельности);
3. Источники финансирования (определяют источники финансирования, пропорции и направления распределения предприятия);
4. Пути и способы использования инвестиций;
5. Итоговый анализ наиболее важных показателей.

Для правильной оценки деятельности предприятия, определения резервов повышения её эффективности и упущенной прибыли общий показатель обычно расчленяется на образующие его частные показатели. Этот метод известен как метод цепных подстановок.

Его сущность заключается в то, что в формуле, устанавливающей зависимость между общим показателем и частными показателями, влияющими на него, показатель, степень влияния которого измеряется, подставляется один раз по отчетной величине, другой - по базисной и по разнице между получаемыми при этом величинами определяются степень влияния частного показателя на общий показатель. Так поступают поочередно с каждым из частных показателей, устанавливая общую величину отклонения общего показателя.

При этом чтобы сумма влияния каждого частного показателя в отдельности давала общую величину отклонения общего показателя, необходимо соблюдать следующее правило:

- При измерении влияния первого частного показателя все остальные показатели принимаются по базисной величине, а при измерении последующих факторов, показатели, влияние которых еще не измерялось, по-прежнему принимаются по базисной величине, а показатели, влияние которых уже измерено, заменяются на отчетные.

### Пример

Наименование показателей	Базисный период	Отчетный период	Результат
Стоимость ... сырья (С) тыс.руб.	203,3	217,8	+14,5
Норма расхода на единицу продукции (n) тыс. шт.	0,400	0,510	+0,110
Объем внутренней продукции (Q) м <sup>3</sup>	584	427	-157
Цена за единицу исходного сырья Ц(руб)	0,870	1,000	+0,130

С учетом формулы:

$$C = n \cdot Q \cdot Ц$$

Можно установить, как изменяется стоимость исходного сырья в результате:

1. Увеличения нормы расхода на единицу продукции

- $(0,510 \cdot 584 \cdot 0,870) - (0,400 \cdot 584 \cdot 0,870) = +55,9$  тыс. руб. или  
 $+0,110 \cdot 584 \cdot 0,870 = +55,9$  тыс. руб.
- Снижение объема производства  $-157 \cdot 0,510 \cdot 0,870 = -69,7$  тыс. руб.
  - Увеличение цены за единицу сырья  $+0,130 \cdot 0,510 \cdot 427 = 28,310$  тыс. руб.
  - Результат:  $+55,9 - 69,7 + 28,3 = +14,5$  тыс. руб.

### Практическая часть.

Ознакомившись с теоретическим материалом, ответьте на вопросы, выполните предложенные задания и разберите ситуации.

Задание 1. Определите влияние на производительность труда объема продукции с учетом численности работающих, зависящей от объема продукции:

Показатели	План	Отчет
Производительность труда, тыс.т	4	3,2
Объем продукции, тыс.т	400	370
Численность работающих, человек	100	115
Доля рабочих, зависящая от объема продукции %	80	80

Задание 2. Проанализируйте влияние частных показателей на выполнение плана по годовому объему производства:

Показатели	План	Отчет
Объем производства, м <sup>3</sup>	5295,3	4812,3
Среднечасовая выработка, норма-часы	0,19	0,21
Численность работающих, человек	15	14
Доля рабочих, зависящая от объема продукции %	1858	1637

Задание 3. Дайте определение методу ценных подстановок.

Задание 4. Проанализируйте влияние частных показателей на выполнение плана по фонду заработной платы:

Показатели	План	Отчет
Фонд заработной платы, тыс. руб.	256,32	256,68
Численность работающих, человек	120	93
Среднемесячная заработная плата, руб.	172	230

Задание 5. Для чего проводится комплексный анализ деятельности предприятия?

Задание 6. Определить влияние на изменение объема выпуска продукции:

- Изменение числа станков
- Изменение продолжительности работы одного станка
- Изменение производительности одного станка

п/п	Показатели	Единицы измерения	План	Факт	Изменение
1.	Число станков (А)	шт.	50	48	-2
2.	Продолжительность работы станка (В)	ч.	375	364	-11
3.	Производительность одного станка в час	шт.	16	18	+2

	(С)				
4.	Изготовлено деталей за месяц (Д)	шт.	300000	314496	+14496

Задание 7. Определите влияние на изменение объема выпуска продукции:

- Изменение числа станков
- Изменение продолжительности работы одного станка
- Изменение производительности одного станка

п/п	Показатели	Единицы измерения	План	Факт	Изменение
1.	Число станков (А)	шт.	63	60	-3
2.	Продолжительность работы станка (В)	ч.	375	360	-15
3.	Производительность одного станка в час (С)	шт.	20	24	+4
4.	Изготовлено деталей за месяц (Д)	шт.	472500	518400	+45900

**Минобрнауки России  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
Технический колледж имени С.И. Мосина**

**Методические указания  
по выполнению самостоятельных работ  
по учебной дисциплине**

**Экономика организации**

**по специальности**


**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств  
(по отраслям)**

**Тула 2020**

УТВЕРЖДЕНЫ

цикловой комиссией машиностроения

Протокол от «18» января 20 20 г. № 7

Председатель цикловой комиссии  Т.В.Валуева

Автор: Амеличкина С.Г., преподаватель колледжа

## ВВЕДЕНИЕ

При изучении по учебной дисциплины Экономика организации по специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) предусмотрена самостоятельная работа студента в объеме 12 часов.

Виды самостоятельной работы: самостоятельная работа студента по подготовке к выполнению практических работ и подготовка доклада.

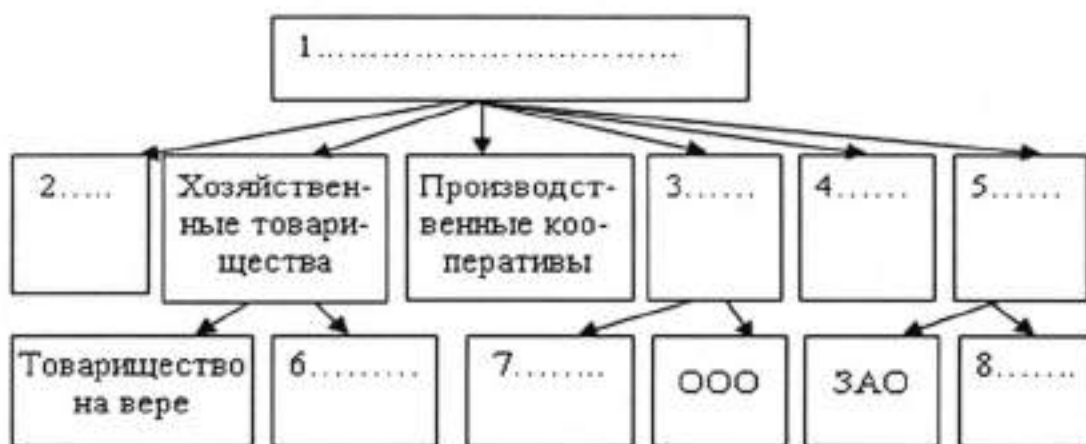
### Темы самостоятельных работ студентов и распределение времени

Тема и содержание работы	Количество часов
<b>Раздел 2. Организация (предприятие) в условиях рынка</b>	<b>3</b>
Разработать таблицу группировки и классификации организационно-правовых форм организаций.	
<b>Раздел 3. Материально-техническая база организации</b>	<b>3</b>
Подготовка докладов по темам	
<b>Раздел 4. Кадры предприятия и оплата труда</b>	<b>3</b>
Кадры предприятия и производительность труда. Оплата труда.	
<b>Раздел 5. Основные технико-экономические показатели деятельности организации</b>	<b>3</b>
Разработка схемы распределения прибыли Работа с нормативной и справочной литературой по теме «Показатели работы организации (фирмы)	
<b>итого</b>	<b>12</b>

### Раздел 2. Организация (предприятие) в условиях рынка

#### 1.Задание:

Заполнить таблицу группировки и классификации организационно-правовых форм организаций.



### Раздел 3. Материально-техническая база организации

#### Примерная тематика докладов

1. Современные проблемы экономики
2. Этапы развития экономики (с школами и представителями)
3. Нобелевские лауреаты по экономике (с примерами)
4. Материально-техническая база организации
5. Основные фонды предприятия
6. Оборотные фонды предприятия
7. Истории успеха предпринимателей Российской Империи
8. Успешный бизнес в России и мире (с примерами)
9. Бизнес-идеи для малого и среднего бизнеса (с примерами)
10. Молодые предприниматели России (с примерами)
11. Великие банкротства в России и мире (с примерами)
12. Банкротство юридических и физических лиц
13. Рынок труда и безработица

Доклад – вид самостоятельной научно-исследовательской работы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы; приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Различают устный и письменный доклад (по содержанию близкий к реферату).

В докладе соединяются три качества исследователя: умение провести исследование, умение преподнести результаты слушателям и квалифицированно ответить на вопросы.

Отличительной чертой доклада является научный, академический стиль. Академический стиль - это совершенно особый способ подачи

текстового материала, наиболее подходящий для написания учебных и научных работ. Данный стиль определяет следующие нормы:

- предложения могут быть длинными и сложными;
- часто употребляются слова иностранного происхождения, различные термины;
- употребляются вводные конструкции типа “по всей видимости”, “на наш взгляд”;
- авторская позиция должна быть как можно менее выражена, то есть должны отсутствовать местоимения “я”, “моя (точка зрения)”;
- в тексте могут встречаться штампы и общие слова.

#### Этапы работы над докладом:

1. подбор и изучение основных источников по теме (как и при написании реферата, рекомендуется использовать не менее 4-5 источников);
2. составление библиографии;
3. обработка и систематизация материала. Подготовка выводов и обобщений;
4. разработка плана доклада;
5. написание;
6. публичное выступление с результатами исследования.

#### Требования к докладу

1. Доклад не копируется дословно из первоисточника, а представляет собой новый вторичный текст, создаваемый в результате осмысленного обобщения материала первоисточника;
2. При написании доклада следует использовать только тот материал, который отражает сущность темы;
3. Изложение должно быть последовательным и доступным для понимания докладчика и слушателей;
4. Доклад должен быть с иллюстрациями, таблицами, если это требуется для полноты раскрытия темы;



5. При подготовке доклада использовать не менее 4-5 первоисточников.

#### Требования к оформлению доклада

1. Наличие титульного листа (см. ПРИЛОЖЕНИЕ)
2. Основное содержание - 2-3 страницы печатного текста (на одной стороне белой бумаги) следующего формата:

страница:

- ориентация: книжная;
- поля: верхнее и нижнее — 20 мм, левое — 30 мм, правое — 10 мм;
- размер бумаги: А4

шрифт:

- Times New Roman;
- размер: 14 пт;
- цвет: черный;

абзац:

- выравнивание заголовков - по центру,
- выравнивание основного текста - по ширине,
- отступ первой строки - 1,25 см.
- междустрочный интервал – полуторный (1,5 строки)

3. Наличие списка используемых информационных источников (книги, журналы, сайты Интернет с указанием URL-адреса сайта)

#### **Раздел 4. Кадры предприятия и оплата труда**

1.Задание:

Выявить размер МРОТ и прожиточного минимума на душу населения в текущем году на основе законодательно установленных показателей в источниках СМИ.

## **Раздел 5. Основные технико-экономические показатели деятельности организации**

### **1.Задание:**

Ознакомиться в СМИ с возможностями программы «1С: Управление торговлей 8», которая позволяет отражать материальные, трудовые и финансовые затраты. Программа позволяет регистрировать и распределять расходы, формирующие стоимость оборотных активов — формирование полной стоимости приобретения и владения товарно-материальными ресурсами.

### **2.Задание:**

Провести анализ реальных цен в магазинах и СМИ на конкретные товары для определения различных методов ценообразования и ценовой политики организации.

### **3.Задание:**

Выявить систему технико-экономических показателей по отраслям промышленности в СМИ для сравнения технического и организационного уровня развития предприятий, определения внутрипроизводственных резервов и методов достижения прибыли.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

Пример оформления титульного листа

**Минобрнауки России  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
Технический колледж С.И. Мосина**

### **ДОКЛАД**

**по дисциплине «Экономика организации»  
на тему: «Современные проблемы экономики»**

**Автор работы,  
студент гр. 4-150207**

**А. А. Петров**

**Руководитель,  
преподаватель**

**П. П. Иванова**

**Тула 2020**