

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ

**Методические указания и контрольные задания для студентов
специальности 1 – 54 01 01 -04 «Метрология, стандартизация и
сертификация (легкая промышленность)» заочной формы обучения**

**Витебск
2008**

УДК 621.3(07)

Физические основы измерений: методические указания и контрольные задания для студентов специальности 1 – 54 01 01 -04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)» заочной формы обучения.

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2008 .

Составители: к.т.н., доц. Смелков Д.В.
к.т.н., доц. Новиков Ю.В.

Методические указания содержат учебную программу и рекомендации по изучению курса. Приведены требования к выполнению и оформлению контрольных работ, варианты заданий.

Одобрено кафедрой «Автоматизации технологических процессов и производств» УО «ВГТУ»

« 23 » октября 2008 г., протокол № 4

Рецензент: доцент, к.т.н. Попов Ю.В.
Редактор: доцент Ильющенко А.В.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «___» _____ 200__ г., протокол № ____

Ответственный за выпуск Букин Ю.А.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____. Уч.-изд.л. _____
Печать ризографическая. Тираж _____ экз. Заказ № _____. Цена _____ р.

Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Лицензия № 02330/0133005 от 1 апреля 2004 г.
210035, Витебск, Московский проспект, 72.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	4
1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА КУРСА.....	4
1.1 ВЫПИСКА ИЗ УЧЕБНОГО ПЛАНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	4
1.2 СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ.....	5
1.3 ВОПРОСЫ, ВЫНЕСЕННЫЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПРОРАБОТКУ	6
1.4 ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	7
1.5 СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	8
2. ЗАДАНИЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ	8
2.1 СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	8
2.2 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	10
2.3 ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	13
3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20
Приложение 1.....	21
Приложение 2.....	23

ВВЕДЕНИЕ. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Цель преподавания дисциплины «Физические основы измерений» - сформировать у студентов теоретические знания о фундаментальных физических законах, свойствах и явлениях, используемых в метрологии и измерительной технике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- фундаментальные физические законы, эффекты, свойства и явления, применяемые в измерительной технике;
- физические постоянные;
- единицы физических величин и их системы.

В результате изучения дисциплины студент должен уметь:

- применять физические знания для решения измерительных задач, конструирования измерительных приборов, обеспечения единства измерений.

В результате изучения дисциплины студент должен иметь представление:

- о перспективных для метрологии и измерительной техники направлениях развития физической науки, последних достижениях в этой области.

Курс основывается на учебных дисциплинах «Физика», «Высшая математика», «Метрология» и используется при изучении профессиональных и специальных дисциплин, выполнении курсовых и дипломных проектов.

Основной формой изучения материала является самостоятельная работа над рекомендованной литературой. По всем определяющим темам программы читаются установочные лекции, проводятся групповые и индивидуальные консультации. Практические навыки приобретаются во время выполнения лабораторных и контрольных работ.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА КУРСА

ВЫПИСКА ИЗ УЧЕБНОГО ПЛАНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Таблица 1.1 Количество часов курса

Се- местр	Всего часов	Лек- ции, ч.	Прак- тические занятия, ч.	Лабор. занятия, ч.	Самостоя- тельная работа, ч	Контроль- ные рабо- ты	Форма итого- вого контроля
7	50	4	-	8	38	1	зачет

1.2. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ

Таблица 1.2 Содержание лекций

№ п/п	Тема и план лекций	Объем в ч.	Цели и задачи темы	Формы контроля
1	2	3	4	5
1	Введение. Физический континуум. Материя, движение, взаимодействие.	1	Дать понятия материи, движения, взаимодействия.	зачет
2	Единицы измерения физических величин	1	Ознакомить с историей возникновения системы единиц СИ. Рассмотреть основные, дополнительные и производные единицы. Изучить принципы создания естественной системы единиц	зачет
3	Фундаментальные физические постоянные. Высокостабильные квантовые эффекты	1	Рассмотреть константы макромира, микромира и используемые при переходе от свойств микромира к свойствам макромира. Изучить эффекты Холла и Джозефсона	зачет
4	Фундаментальные физические законы, используемые в измерительной технике	1	Изучить применение в измерительной технике законов Ньютона, Архимеда, Паскаля, Кулона, Ампера, Планка, Стефана-Больцмана и др.	Зачет, лабораторные боты
Итого: (ч)		4		Зачет

1.3. ВОПРОСЫ, ВЫНЕСЕННЫЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПРОРАБОТКУ

Таблица 1.3 Вопросы, которые выносятся на самостоятельную проработку

№№ п-п	Название вопросов, которые выносятся на самостоятельную проработку	Объем в часах	Рекомендуемая литература и методические указания (п. 1.6)	Формы контроля
1	2	3	4	5
1	Свойства микромира: дискретность, корпускулярно-волновой дуализм, неопределенность. Тепловые, механические, электромагнитные и другие свойства макромира.	6	№ 1, 2, энциклопедии	Консультации, зачет
2	Естественные системы единиц (Планка, Хартри и др.). Внесистемные единицы (литр, баррель, карат и др.), применяемые в наше время.	4	№ 2, энциклопедии	Консультации, зачет
3	Константы макромира и микромира. Константы, используемые при переходе от свойств микромира к свойствам макромира.	6	№ 1, энциклопедии	Консультации, зачет
4	Использование квантовых переходов между энергетическими уровнями электронов для воспроизведения единиц времени, частоты и длины. Использование эффектов Холла и Джозефсона для воспроизведения электрического сопротивления и напряжения. Сверхпроводимость.	4	№ 1, 2, энциклопедии	Консультации, зачет
5	Интерференция электромагнитных волн. Электромагнитная индукция. Эффект Фарадея. Электрооптические эффекты Керра и Поккельса. Пьезоэффект. Эффект Доплера. Эффект Зеебека.	4	№ 1, 2, 4, 5, энциклопедии	Консультации, зачет

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5
6	Магнитный резонанс (уравнение Лармора, ЯМР, эффект Зеемана). Ядерный гамма-резонанс. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР-термометры).	4	№ 1, 2, 4, 5, энциклопедии	Консультации, зачет
7	Использование в измерительной технике законов механики и электромагнетизма	2	№ 1-8, энциклопедии	Консультации, зачет
8	Приборы магнитоэлектрической и электромагнитной, электродинамической, ферродинамической и электростатической систем. Использование в измерительной технике тепловых законов. Законы термодинамики. Законы излучения Планка, Вина, Стефана-Больцмана.	4	№ 1-8, энциклопедии	Консультации, зачет
9	Датчики. Резистивные, емкостные, индукционные и др. преобразователи.	4	№ 3-8	Консультации, зачет
Итого: (ч)		38		Зачет

1.4. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**Таблица 1.4 Темы лабораторных работ**

п/п	Тема и план занятий	Объем в часах	Цели и задачи темы	Формы контроля
1	Изучение термоэлектрических преобразователей	2	Изучить принцип преобразования тепловой энергии в электрическую	Опрос
2	Изучений тензометров	2	Изучить принцип преобразования деформации в электрический сигнал	Опрос
3	Изучение емкостных преобразователей	2	Изучить принципы преобразования угловых и прямолинейных перемещений в электрический сигнал	Опрос

Продолжение таблицы 1.4

4	Изучение индуктивных преобразователей	2	Изучить принципы преобразования угловых и прямолинейных перемещений в электрический сигнал	Опрос
Итого: (ч)		8		Зачет

1.5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Студентами выполняется контрольная работа, включающая:

1. Теоретическое задание
2. Практическое задание

2. ЗАДАНИЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**2.1 СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ**

А) Выбрать по последнему номеру в зачетной книжке три вопроса (например, 02034 – 4, 14 и 24 вопросы) и изложить их в письменном виде:

1. Материя и движение. Формы существования материи.
2. Пространство, время, движение, взаимодействие и другие фундаментальные физические понятия.
3. Свойства микромира: дискретность, корпускулярно-волновой дуализм, неопределенность.
4. Тепловые, механические, электромагнитные и другие свойства макромира.
5. Системы единиц (Парижская, Гаусса, СГС, МТС, МКС, МКГСС и другие).
6. Система СИ (история возникновения, преимущества, основные, дополнительные и производные величины).
7. Естественные системы единиц (Планка, Хартри и др.).
8. Внесистемные единицы (литр, баррель, карат и др.), применяемые в наше время. Их происхождение, связь с единицами СИ, причины применения.
9. Константы макромира (число π , ускорение свободного падения, скорость света, нулевая температура, точки фазовых переходов и др.).
10. Константы микромира (масса и заряд электрона, квант магнитного потока, гравитационная постоянная и др.).
11. Константы, используемые при переходе от свойств микромира к свойствам макромира (Планка, Больцмана, число Авогадро).

12. Использование квантовых переходов между энергетическими уровнями электронов для воспроизведения единиц времени, частоты и длины.

13. Использование эффектов Холла и Джозефсона для воспроизведения электрического сопротивления и напряжения.

14. Явление сверхпроводимости. Измерение сверхнизких температур сверхпроводящим термошумовым датчиком на основании уравнения Найквиста.

15. Интерференция электромагнитных волн. Интерферометры - измерители линейных размеров.

16. Электромагнитная индукция. Измерение параметров постоянных и переменных магнитных полей.

17. Эффект Фарадея. Измерение магнитной индукции.

18. Электрооптические эффекты Керра и Поггеля. Их использование для измерения напряжения.

19. Пьезоэффект. Эффект Зеебека. Их применение в приборах.

20. Эффект Доплера. Доплеровские измерители скорости.

21. Магнитный резонанс (уравнение Лармора, ЯМР, эффект Зеемана).

22. Ядерный гамма-резонанс (эффект Мессбауэра для измерения малых скоростей и расходов жидких веществ).

23. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).

24. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР-термометры).

25. Использование в измерительной технике законов механики (законы Ньютона, Архимеда, Паскаля). Весы, акселерометры, ареометры, манометры, барометры и др.

26. Использование в измерительной технике законов электромагнетизма (законы Кулона, Ампера). Осциллограф, электроскоп.

27. Приборы магнитоэлектрической и электромагнитной систем.

28. Приборы электродинамической, ферродинамической и электростатической систем.

29. Использование в измерительной технике тепловых законов. Законы термодинамики. Термометры сопротивления и термопары.

30. Законы излучения Планка, Вина, Стефана-Больцмана. Пирометры.

Б) Выбрать по последнему номеру в зачетной книжке три вопроса (например, 02030 – 10, 20 и 30 вопросы) и изложить их в письменном виде:

1. Датчики сопротивления. Температуры – термисторы

2. Датчики сопротивления. Скорости – анемометр

3. Датчики сопротивления. Деформаций – тензометры

4. Датчики сопротивления. Перемещения – потенциометры

5. Датчики сопротивления. Света - фоторезисторы

6. Емкостные датчики. С изменяемым расстоянием между пластинами

7. Емкостные датчики. С переменной площадью пластины

8. Емкостные датчики. С изменяющейся диэлектрической проницаемостью
9. Индуктивные датчики. Переменного магнитного сопротивления
10. Индуктивные датчики. Тахогенератор
11. Индуктивные датчики. Дифференциальный преобразователь
12. Индуктивные датчики. Перестраиваемый дифференциальный трансформатор
13. Индуктивные датчики. Сельсин
14. Индуктивные датчики. Линейный индуктосин
15. Термоэлектрические датчики (термопары)
16. Пьезоэлектрические датчики силы
17. Пьезоэлектрические датчики. Ультразвуковой генератор
18. Фотоэлектрические датчики. Фотодиоды
19. Фотоэлектрические датчики. Фотоэмиссионные приборы
20. Электрохимические датчики (ион-селективные электроды)
21. Датчики упругости. Динамометрический элемент
22. Датчики упругости. Измерительное кольцо
23. Датчики упругости. Мембраны, капсулы и сильфоны
24. Датчики упругости. Трубки Бурдона
25. Пневматические датчики. Сопло с заслонкой
26. Дифференциальные датчики давления. Расходомеры
27. Механические датчики. Турбинный расходомер
28. Механические датчики. Оптический дискретный датчик положения оси
29. Механические датчики. Оптический цифровой датчик положения оси
30. Вибрационные датчики. Струнный датчик силы, вибрационный цилиндр или труба

2.2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

А) Для указанного ниже физического параметра (вариант - по номеру в журнале):

- выбрать и кратко описать фундаментальные физические законы, эффекты, явления, которые можно использовать при его измерении;
- выбрать тип датчика (преобразователя) и чувствительного элемента и обосновать выбор;
- нарисовать эскиз взаимного расположения датчика и объекта измерения в процессе измерения параметра;
- построить структурную схему (см. рисунок 1) аналогового способа измерения заданного параметра с подробным описанием всех преобразований сигнала (с использованием, где это возможно, физических формул в общем виде);
- указать единицы измерения параметра в системе СИ и их обозначения через основные единицы СИ.

Физические параметры

1. Разрывная нагрузка пряжи и нити
2. Температура воздуха в сушильной камере для обуви
3. Линейная плотность пряжи и нити
4. Поверхностная плотность ткани
5. Давление воздуха в промышленном трубопроводе
6. Частота вращения вала двигателя
7. Расход жидкости в промышленном трубопроводе
8. Вязкость раствора
9. Толщина листа обувного картона
10. Влажность текстильного материала
11. Уровень жидкости в резервуаре
12. Химический состав раствора
13. Электрическая мощность
14. Освещенность помещения
15. Расстояние до объекта (0 – 5 мм)
16. Расстояние до объекта (до 20 м)
17. Скорость движения объекта (например, ленты конвейера)
18. Плотность жидкости
19. Масса движущегося на конвейере объекта
20. Доза излучения объекта
21. Температура воды в трубопроводе
22. Уровень сыпучего материала в закрытом резервуаре
23. Скорость воздуха в промышленном трубопроводе
24. Угол поворота вращающегося элемента объекта
25. Давление пара в котле



Рисунок 1 - Структурная схема аналогового способа измерения

Б) Используя физические законы, вывести размерность в первичных единицах указанной в табл.1 физической величины (вариант по последнему номеру зачетки):

Таблица 1.5

<i>Физическая величина</i>	<i>Название единицы</i>	<i>Размерность в первичных единицах</i>
1. Емкость	Фарада (Ф)	$\text{с}^4 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$
2. Электрический потенциал	Вольт (В)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-3}$
3. Энергия (работа, количество теплоты)	Джоуль (Дж)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
4. Сила	Ньютон (Н)	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
5. Индуктивность	Генри (Гн)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
6. Мощность	Ватт (Вт)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
7. Давление	Паскаль (Па)	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
8. Сопротивление	Ом	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^{-2} \cdot \text{с}^{-3}$
9. Теплопроводность	Ватт на метр Кельвин	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{с}^{-3}$
10. Освещенность	Люкс (лк)	$\text{м}^{-2} \text{ кд} \cdot \text{ср}$

2.3. ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

Вопросы к зачету соответствуют вопросам, перечисленным в теоретическом задании контрольной работы (А и Б).

3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

1 Измерение давления пара

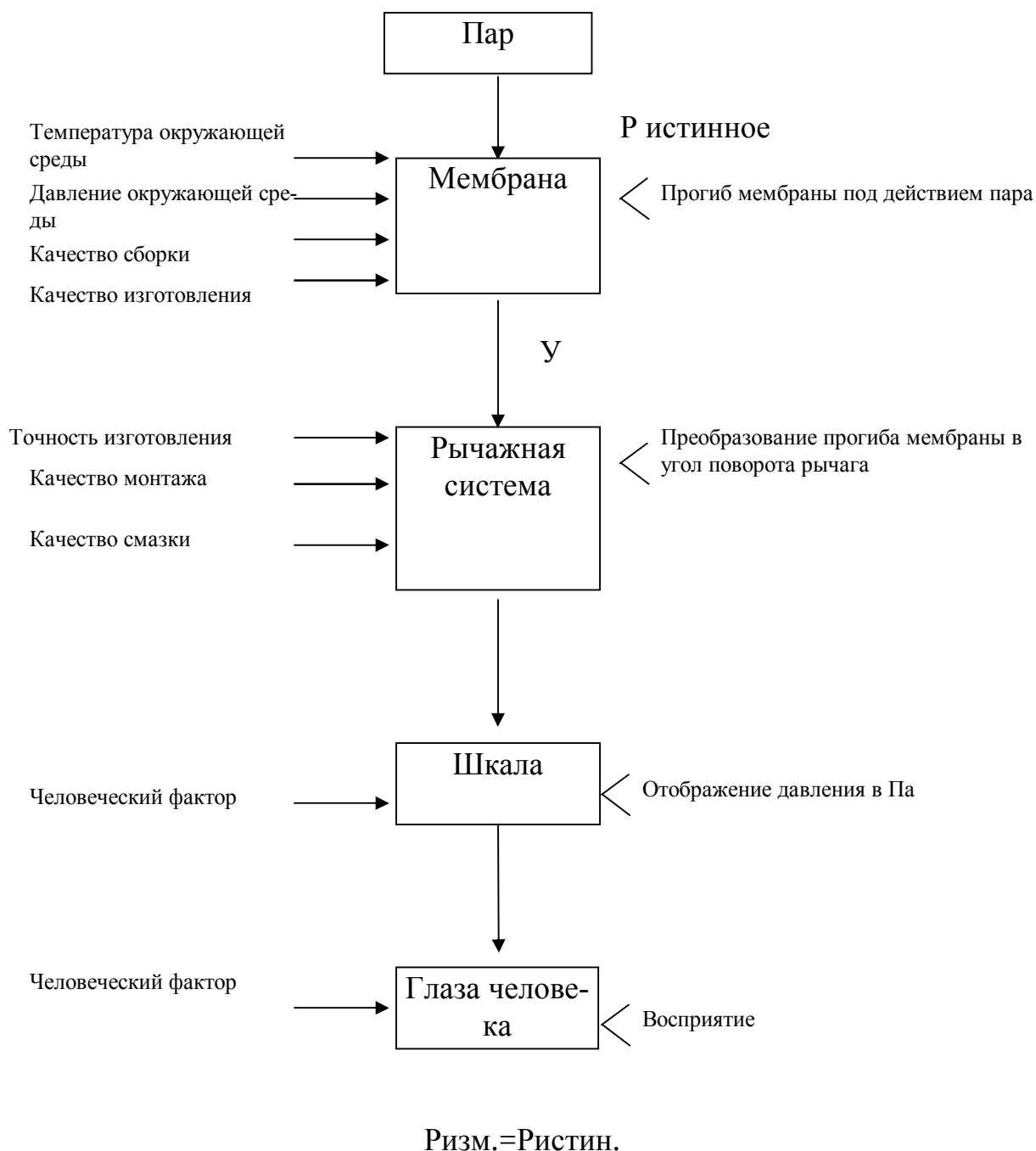


Рисунок 2 - Структурная схема измерения давления пара

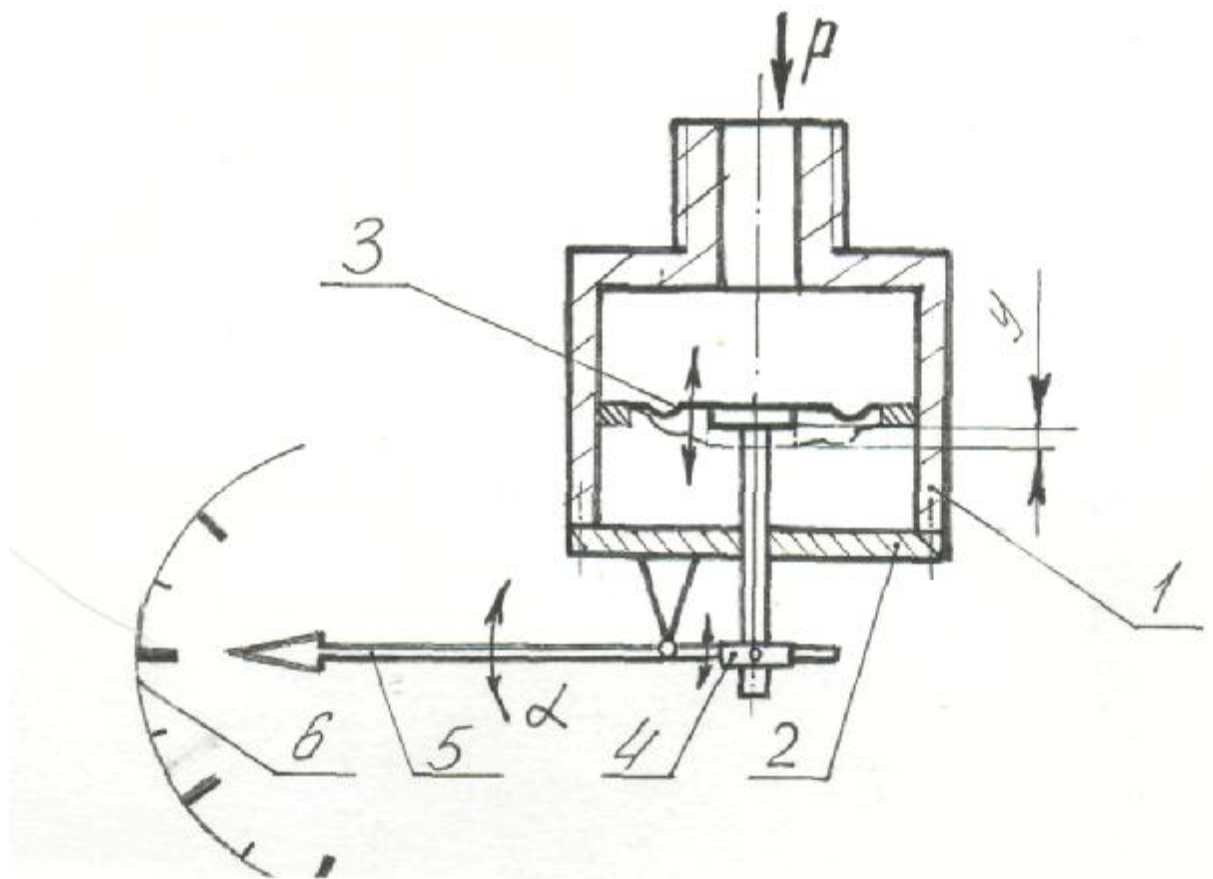


Рисунок 3 - Схема прибора для измерения давления пара

На рисунке обозначено: 1 – корпус, 2 – крышка, 3 – мембрана, 4 – камень, 5 – стрелка, 6 – шкала прибора. Изменение давления P в верхней камере корпуса 1 оказывает влияние на мембрану 3, которая прогибается. Мембрана связана кинематической связью посредством камня 4 со стрелкой 5, которая имеет возможность вращательного движения вокруг неподвижной оси. Стрелка указывает на величину параметра на шкале 6, которая отградуирована в единицах измерения давления (паскаль, Па).

2 Взвешивание пасьмы на весах



Рисунок 4 - Структурная схема взвешивания пасьмы на весах

3 Расчет линейной плотности

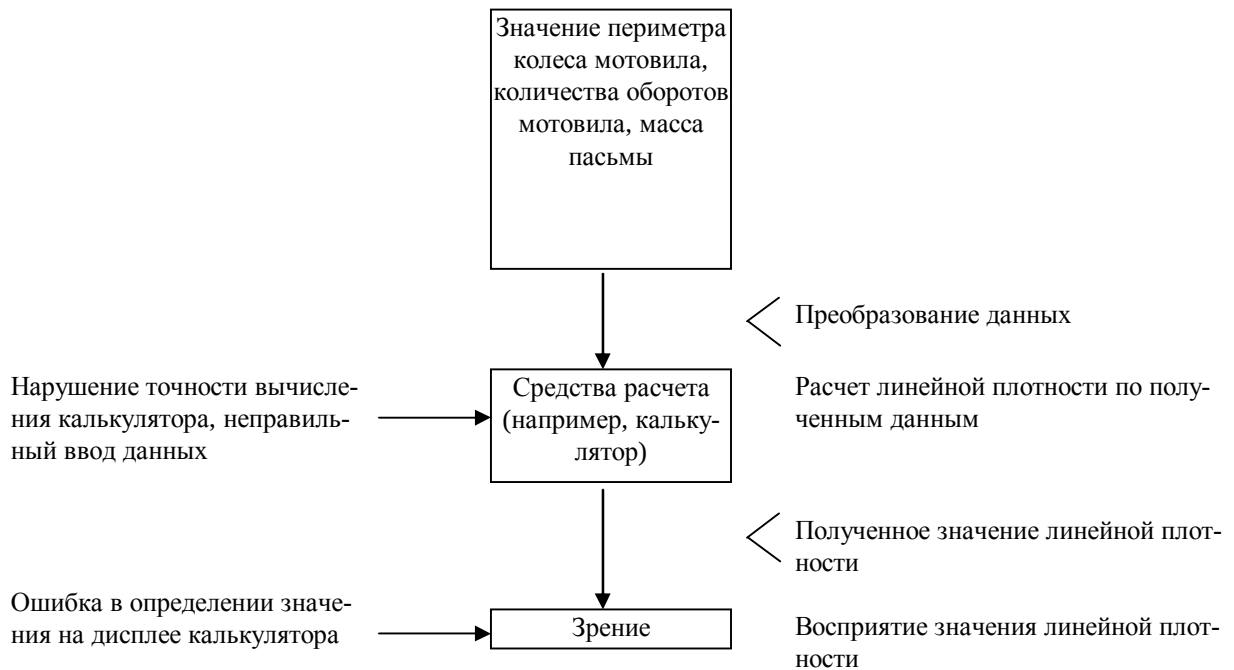


Рисунок 5 - Структурная схема расчета линейной плотности

Используя физические законы, вывести размерность в первичных единицах физической величины

Индуктивность Генри (Гн) = $\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$

$$L = \frac{\Phi_s}{I} \text{ - индуктивность}$$

$$\Phi_s = \Delta q \cdot R$$

магнитный поток

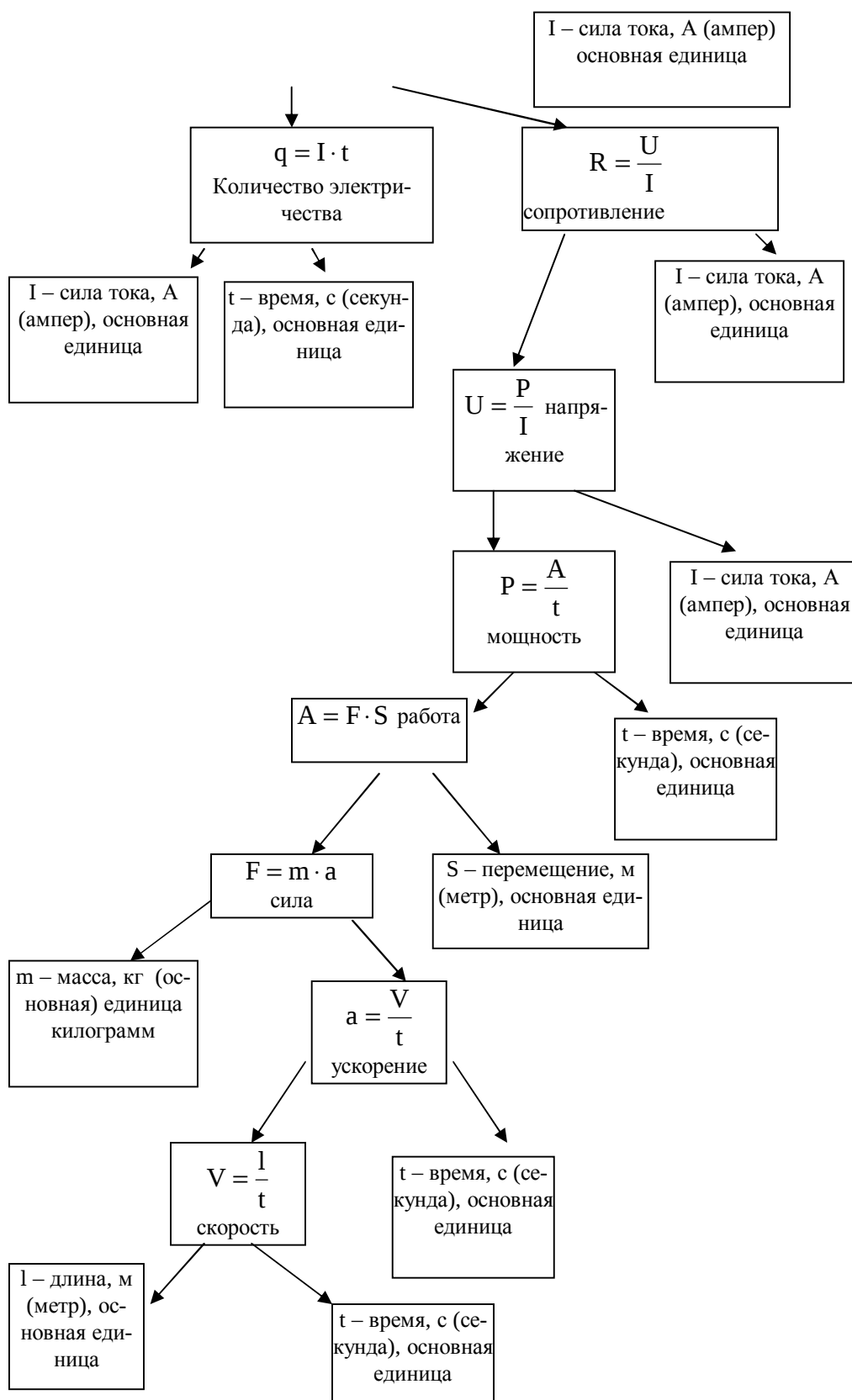


Рисунок 6 - Размерность индуктивности в первичных единицах физической величины

Тогда:

$$L = \frac{\Phi}{I} = \frac{q \cdot R}{I} = \frac{(I \cdot t) \cdot \frac{U}{I}}{I} = \frac{U \cdot t}{I} = \frac{\frac{P}{I} \cdot t}{I} = \frac{P \cdot t}{I^2} = \frac{\frac{A}{t} \cdot t}{I^2} = \frac{A}{I^2} = \frac{F \cdot S}{I^2} = \frac{(m \cdot a) \cdot l}{I^2} = \frac{m \cdot \frac{V}{t} \cdot l}{I^2} = \frac{m \cdot l \cdot \frac{1}{t}}{I^2 \cdot t} = \frac{m \cdot l^2}{I^2 \cdot t^2};$$

Подставляя размерности, получим:

$$L = \frac{m \cdot l^2}{I^2 \cdot t^2} = \frac{\left[\text{кг} \right] \cdot \left[\text{м}^2 \right]}{\left[\text{А}^2 \right] \cdot \left[\text{с}^2 \right]} = \left[\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2} \right].$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрические измерения / А. В. Фремке, Е.М. Душина ; под. ред. А. В. Фремке. – Ленинград : Энергия, 1980. – 392 с.
2. Карташова, А. Н. Технологические измерения и приборы в текстильной и легкой промышленности / А. Н. Карташова, И. В. Дунин-Барковский. – Ленинград : Легпромбытиздат, 1984. – 312 с.
3. Атамалян, Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин / Э. Г. Атамалян. – Москва : Высшая школа, 1989. – 384 с.
4. Левшина, Е. С. Электрические измерения физических величин / Е. С. Левшина, П. В. Новицкий. – Ленинград, 1983. – 320 с.
5. Айзенберг, Л. Г. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы в текстильной и легкой промышленности : учебник для сред. спец. заведений / Л. Г. Айзенберг, А. Б. Кипнис, Ю. И. Стороженко. – Москва : Легпромбытиздат, 1990. – 368с. : ил.
6. Фарзани, Н. Г. Технологические измерения и приборы : учебник для студ. вузов по спец. «Автоматизация технологических процессов и производств» / Н. Г. Фарзани, Л. В. Илясов, А. Ю. Азим-Заде. – Москва : Высш. шк., 1989. – 456 с. : ил.
7. Бузов, Б. А. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства : учеб. пособие для вузов / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова, Д. Г. Петропавловский. – Москва : Легпромиздат, 1991. – 432 с. : ил
8. Ковчур, С. Г. Радиационная безопасность : учебное пособие по курсу «Радиационная безопасность» / С. Г. Ковчур, О. А. Щигельский, В. Н. Поттоцкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Витебск : УО «ВГТУ», 2006. – 175 с.
9. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Метрология, технологические измерения в отрасли и сертификация приборов» для спец.53 01 01-05. / сост. В. Л. Шушкевич. – Витебск : УО «ВГТУ», 2002. – 49 с.
10. Касаткин, А. С. Электротехника / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – Москва : Высшая школа, 2003. – 542 с.
11. Электротехника / В. Г. Герасимов [и др.] ; под ред. В. Г. Герасимова. – Москва : Высшая школа, 1985. – 768 с.
12. Рыбаков, Н. С. Электротехника / Н. С. Рыбаков. – Москва : РИОР, 2007. – 160 с.
13. Кулаков, Г. Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования : справочное пособие / Г. Т. Кулаков. – Минск : Высшая школа, 1984. – 192 с.

Приложение 1

Таблица 1.6

Список наиболее часто используемых единиц измерения

<i>Параметр</i>	<i>Название единицы</i>	<i>Обозначение и основные расчетные формулы</i>	<i>Размерность в первичных единицах</i>
Ускорение	Метр за секунду в минус второй	$a=F/m$ (Н/кг)	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
Угловое ускорение	РадIAN на секунду в минус второй	$\varepsilon=d\omega/dt$	$\text{Рад} \cdot \text{с}^{-2}$
Угловая скорость	РадIAN за секунду	$\omega=2\pi \cdot f$, где f – част. (Гц)	$\text{Рад} \cdot \text{с}^{-1}$
Площадь	Квадратный метр	S	м^2
Емкость	Фарада (Ф)	$C=q/U$ (Кл/В)	$\text{с}^4 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$
Плотность	Килограмм деленный на кубический метр	$\rho=m/V$	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$
Электрический заряд	Кулон Кл)	$q=I \cdot t$	$\text{А} \cdot \text{с}$
Напряженность электрического поля	Вольт деленный на метр	$E=U/d$ (В/м)	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-3}$
Электрический потенциал	Вольт (В)	$U=I \cdot R$ (А·Ом)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-3}$
Энергия (работа, количество теплоты)	Джоуль (Дж)	$W(A)=Q \cdot t$ (Вт·с) $=m \cdot v^2/2 = F \cdot s$ (Н·м)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Сила	Ньютон (Н)	$F=m \cdot a$	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
Частота	Герц (Гц)	$f=1/T$, где T - период	с^{-1}
Индуктивность	Генри (Гн)	$L=x_L/2\pi \cdot f$ (Ом·с) = Φ/I (Вб/А)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Сила (напряженность) магнитного поля	Ампер на метр	H	$\text{А} \cdot \text{м}^{-1}$
Магнитный поток	Вебер (Вб)	$\Phi=B \cdot S$ (Т·м ²) = $U \cdot t$ (В·с)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Магнитная индукция	Тесла (Тл)	$B=\Phi/S$ (Вб/м ²) = $U \cdot t/S$ (В·с/м ²)	$\text{кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность	Ватт (Вт)	$P=U \cdot I$ (В·А) = $F \cdot s/t$ (Н·м/с)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$

Продолжение таблицы 1.6

Давление	Паскаль (Па)	$p=F/S$ (Н/м ²)	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
----------	--------------	-----------------------------	---

Сопротивление	Ом	$R=U/I$ (В/А)	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{А}^{-2} \cdot \text{с}^{-3}$
Удельная теплоемкость	Джоуль на килограмм и Кельвин	c	$\text{м}^2 \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Скорость	Метр за секунду	v	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$
Теплопроводность	Ватт на метр Кельвин	λ	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{с}^{-3}$
Объем	Кубический метр	V	м^3
Вязкость динамическая	Паскаль секунда	η	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$
Вязкость кинематическая	Квадратный метр за секунду	$\nu=\eta/\rho$	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$
Расход объемный	Кубический метр за секунду	$Q_v=V/t$	$\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$
Расход массовый	Килограмм на секунду	$Q_m=m/t$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$
Световой поток	Люмен (лм)	Φ	кд·ср
Освещенность	Люкс (лк)	E (лм/м ²)	м^{-2} кд·ср

Приложение 2
Таблица 1.7

Список некоторых констант

Константа	Обозначение	Значение	Относит. станд. от- клонение $\times 10^{-6}$	Примечание
Константы макромира				
Длина земного меридиана на уровне моря	L	40007817,6 м		По результатам измерений 1967 г.
Период обращения Земли вокруг оси	T _{сут}	86400 с	0,1	Среднее значение суток
Период обращения Земли вокруг Солнца	T _{год}	31556925,9747 с	0,0001	В 1900 г.
Ускорение свободного падения	g	9,81 м/с ²		Округлено
Скорость света в вакууме	c	299792458 м/с		Приписанное значение
Константы микромира				
Масса электрона	m _e	9,1093897·10 ⁻³¹ кг	0,59	
Заряд электрона	e	1,60217733·10 ⁻¹⁹ Кл	0,30	
Гиромагнитное отношение электрона	γ _e	1,7608144·10 ¹¹ с ⁻¹ Тл ⁻¹	0,30	
Гиромагнитное отношение протона	γ _p	2,67515255·10 ⁸ с ⁻¹ Тл ⁻¹	0,30	
Квант магнитного потока	h/2e	2,06783461·10 ⁻¹⁵ Вб	0,30	Точнее, чем e и h
Постоянная фон Клитцинга	h/2e ²	25812,8056 Ом	0,045	Точнее, чем e и h
Постоянная тонкой структуры	α	7,29735308·10 ⁻³	0,045	
Гравитационная постоянная	γ	6,67259·10 ⁻¹¹ м ³ кг ⁻¹ с ⁻²	128	

Продолжение таблицы 1.7

Переходные константы

Постоянная Планка	h	$6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$		
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$		
Число Авогадро	N_A	$6,0221367 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹	0,59	