###### Министерство образования и науки Калужской области

###### Государственное автономное

###### профессиональное образовательное учреждение Калужской области

######  «Людиновский индустриальный техникум»

**Методические рекомендации**

**по выполнению практических работ**

**МДК 01.02 Основы проектирования кабелей и проводов**

**по специальности**

**13.02.08 Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника**

Людиново

2019 г.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с рабочей программой профессионального модуля **ПМ.01 Ведение технологических процессов производства изоляционной, кабельной и конденсаторной техники**, **МДК 01.02 Основы проектирования кабелей и проводов,** утвержденной зам. директора по УПР

Утверждено:

**Заведующая по учебной работе:**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Е. Селиверстова

30.08.2019г

###### Рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии

###### профессиональных дисциплин технического профиля

###### Протокол № 1 от 31.08.2019г

###### Председатель ЦК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.И. Хрычикова

###### Составил: преподаватель спец. дисциплин Е.Г. Петухова

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Темы работ | Кол-во часов | Страница |
| 1 | Практическое занятие № 1.Тема: Расчёт основных параметров скрутки. | 2 | 5 |
| 2 | Практическое занятие № 2.Тема: Расчёт и конструирование круглых жил. | 4 | 7 |
| 3 | Практическое занятие № 3.Тема: Расчёт скрученных сердечников силовых кабелей.  | 2 | 10 |
| 4 | Практическое занятие № 4.Тема: Расчёт параметров обмотки лентами. | 2 | 12 |
| 5 | Практическое занятие № 5.Тема: Расчёт параметров оплётки. | 2 | 13 |
| 6 | Практическое занятие № 6.Тема: Расчёт веса конструктивных элементов. | 4 | 16 |
| 7 | Практическое занятие № 7.Тема: Расчёт конструкции сталеалюминевого провода марки АС. | 2 | 18 |
| 8 | Практическое занятие № 8.Тема: Расчёт конструкции алюминиевого провода марки А. | 2 | 20 |
| 9 | Практическое занятие № 9.Тема: Расчёт конструкции кабелей низкого напряжения марки АВВГ. | 2 | 22 |
| 10 | Практическое занятие № 10.Тема: Расчёт масс кабеля низкого напряжения марки АВВГ. | 2 | 24 |
| 11 | Практическое занятие № 11.Тема: Расчёт масс кабеля низкого напряжения марки ВВГ. | 2 | 26 |
| 12 | Практическое занятие № 12.Тема: Расчёт масс провода марки АС. | 2 | 28 |
| 13 | Практическое занятие № 13.Тема: Расчёт конструкции провода марки ПуВ. | 2 | 30 |
| 14 | Практическое занятие № 14.Тема: Расчёт масс провода марки ПуВ. | 2 | 32 |
| 15 | Практическое занятие № 15.Тема: Расчёт конструкции контрольного кабеля марки КВВГ. | 2 | 34 |
| 16 | Практическое занятие № 16.Тема: Расчёт масс контрольного кабеля марки КВВГ. | 2 | 36 |
| 17 | Практическое занятие № 17.Тема: Расчёт конструкции сталеалюминиевого провода. | 2 | 39 |
| 18 | Практическое занятие № 18.Тема: Расчёт масс кабеля высокого напряжения. | 2 | 41 |
| 19 | Практическое занятие № 19.Тема: Расчёт электрических параметров симметрических кабелей. | 4 | 43 |
| 20 | Практическое занятие № 20.Тема: Расчёт электрических параметров коаксиальных кабелей. | 4 | 46 |
| 21 | Практическое занятие № 21.Тема: Расчёт электрических параметров экранированных радиочастотных кабелей. | 6 | 48 |
| 22 | Практическое занятие № 22.Тема: Расчёт электрических параметров неэкранированных радиочастотных кабелей. | 6 | 50 |
| 23 | Практическое занятие № 23.Тема: Расчёт массы кабеля связи. | 4 | 52 |
| 24 | Практическое занятие № 24.Тема: Расчёт параметров оптического волокна. | 6 | 54 |
|  | ***Итого*** | ***70 ч*** |  |

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1**

**Тема: Расчёт основных параметров скрутки.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных технологических параметров при скрутке полуфабрикатов проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

В кабельном производстве скрутка является одним из основных технологических процессов. Из отдельных проволок скручиваются токопроводящие жилы, которые в свою очередь скручиваются в кабель.

Скрутка производится либо вращением отдельных проволок или жил вокруг оси поступательного движущегося изделия, либо вращением самого поступательно движущегося изделия вокруг своей оси.

Основные параметры скрутки:

- конструкция;

- направление;

- шаг;

- кратность;

- модуль;

- укрутка;

- диаметр повива.

Увеличение количества проволок в каждом последую­щем повиве на 6 является основным признаком правильной скрутки.

Правильная скрутка в зависимости от количества проволок в центре (в повиве) имеет 5 форм:

1 форма скрутки – первый повив в одну проволоку.

 Диаметр любого по­вива Dп равен:

Dп = (2n – 1)·dпр.

Количество проволок в повивах Z1+Z2+Z3+Z4 ...= 1+6+12+18+24. Как видно для первой формы скрутки правило «6» нарушается только во втором повиве. Общее количество проволок в жиле ZI равно:

ZI = 3n·(n – 1) + 1, где

n – порядковый номер повива.

2 форма – сердечник из двух проволок.

Dп = 2n·dпр

Z1+Z2+Z3+Z4 ...= 2+8+14+20+26 + ...

ZII = (3n-1 ) n.

3 форма – сердечник из трёх проволок.

Dп = (2n + 0,15)·dпр

Z1+Z2+Z3+Z4 ...= 3+9+15+21+27 + ...

ZIII = 3n2

4 форма – сердечник из четырёх проволок.

Dп = (2n + 0,414)·dпр

Z1+Z2+Z3+Z4 ...= 4+10+16+22 + ...

ZIV = (3n + 1)·n

5 форма – сердечник из пяти проволок.

Dп = (2n + 0,701)·dпр

Z1+Z2+Z3+Z4 ...= 5+11+17+23 + ...

ZV = (3n + 2)·n

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Диаметр одного элемента неуплотнённой токопроводящей жилы, состоящей из 19 элементов равен 2,19 мм. Скрутка правильная концентрическая повивная.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить диаметр наружного повива токопроводящей жилы.

**Решение:**

Так как скрутка правильная, то диаметр всех элементов одинаковый. 19 элементов при правильной концентрической скрутке определяется подбором конструкции по системе 1+6+12 (то есть 3 повива). Диаметр наружного повива токопроводящей жилы в этом случае определяется по формуле:

Dп = (2n – 1)·dэ, где

n – количество повивов;

dэ – диаметр одного элемента. Отсюда:

Dп = (2·3 – 1)·2,19 = 5·2,19 = 10,95 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией скрученного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Диаметр одного элемента неуплотнённой токопроводящей жилы, состоящей из А элементов равен В мм. Скрутка правильная концентрическая повивная. Определить диаметр наружного повива токопроводящей жилы.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 24 | 1,37 | 8,22 мм |
| 2 | 27 | 1,76 | 10,824 мм |
| 3 | 14 | 2,37 | 10,461 мм |
| 4 | 30 | 2,72 | 17,446 мм |
| 5 | 16 | 3,52 | 16,548 мм |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какая скрутка называется правильной концентрической?

2. Что такое повив?

3. Какая скрутка называется нормальной?

4. Как определить направление скрутки?

5. В каких случаях применяют сложную скрутку?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2.**

**Тема: Расчёт и конструирование круглых жил.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных конструктивных параметров круглых токопроводящих жил в проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Величина сечения многопроволочных жил Sн (номинальное сечение) регламентируется ГОСТ 22483 и рассчитывается как:

, где

Z – количество проволок в жиле;

dпр – диаметр проволок, мм.

Площадь, занимаемая жилой, т. е. площадь ограниченная описанным вокруг неё контуром:

, где

Dж – наружный диаметр жилы, мм.

Отношение ****, называется коэффициентом заполнения жилы. Коэффициент заполнения показы­вает, какую часть площади жилы занимает металл.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Диаметр одного элемента неуплотнённой токопроводящей жилы, состоящей из 7 элементов равен 2,05 мм. Скрутка правильная концентрическая повивная.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить коэффициент заполнения токопроводящей жилы.

**Решение:**

Так как скрутка правильная, то диаметр всех элементов одинаковый. 7 элементов при правильной концентрической скрутке определяется подбором конструкции по системе 1+6 (то есть 2 повива). Наружный диаметр токопроводящей жилы в этом случае определяется по формуле:

Dп = (2n – 1)·dэ, где

n – количество повивов;

dэ – диаметр одного элемента. Отсюда:

Dп = (2·2 – 1)·2,05 = 3·2,05 = 6,15 мм.

Определяем коэффициент заполнения по формуле:

****, где

Z – количество проволок в жиле;

dпр – диаметр проволок, мм;

Dж – наружный диаметр жилы, мм. Отсюда:

****

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией скрученного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Диаметр одного элемента неуплотнённой токопроводящей жилы, состоящей из А элементов равен В мм. Скрутка правильная концентрическая повивная. Определить коэффициент заполнения токопроводящей жилы.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 7 | 3,52 | 77,8 % |
| 2 | 7 | 4,42 | 77,8 % |
| 3 | 19 | 2,67 | 76 % |
| 4 | 19 | 2,22 | 76 % |
| 5 | 37 | 1,76 | 75,5% |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Может ли коэффициент заполнения быть больше единицы и почему?

2. Как влияет увеличение количества повивов на коэффициент заполнения?

3. В каком случае коэффициент заполнения будет равен 1?

4. Можно ли вычислить коэффициент заполнения при неправильной скрутке?

5. Для чего увеличивают коэффициент заполнения?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3.**

**Тема: Расчёт скрученных сердечников силовых кабелей.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных параметров скрученных сердечников силовых кабелей.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Скрутка изолированных жил в кабель (общая скрутка) предусматривает скрутку сердечника. Общая скрутка подчиняется тем же законам, что и скрутка проволок в жилу. Различие лишь в количестве скручиваемых элементов и шаге скрутки кабеля, который значительно больше, чем шаг скрутки токопроводящей жилы.

Диаметр кабеля по скрутке с круглыми жилами определяется формой скрутки и равен для:

- двухжильных кабелей Dск = 2·dиз;

- трехжильных кабелей Dск = 2,155·dиз;

- четырехжильных кабелей Dск = 2,414·dиз;

# - пятижильных кабелей Dск = 2,701·dиз, где

# dиз – диаметр изолированный жилы, мм.

# Диаметр изолированной жилы в свою очередь равен:

# dиз = dнеиз + 2·δиз, где

# dнеиз – диаметр неизолированной ТПЖ, мм;

# δиз – толщина изолции, мм.

Силовые кабели с круглыми жилами скручиваются с откруткой, сек­торными и сегментными жилами – без открутки. Причем существуют две разновидности скрутки кабелей с многопроволочными секторными жилами: в закрутку и в раскрутку.

При скрутке в закрутку направления проволок внешнего повива жилы совпадает с направлением скрутки в кабель. В этом случае на каждом ша­ге скрутки кабеля жила получает одно закручивание на 360º вокруг своей оси и периметр жилы уменьшается.

# При скрутке в раскрутку направление проволок внешнего повива и общей скрутки разное и жила скручивается на один оборот. Следовательно, и в первом и во втором случае скрутки происходит изменение периметра жилы и длины проволоки приходящейся на шаг скрутки кабеля.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Диаметр неизолированной токопроводящей жилы пятижильного кабеля равен 6,45 мм. Номинальная толщина изоляции – 1,30 мм.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить наружный диаметр скрученного сердечника.

**Решение:**

Определяем диаметр изолированной жилы:

dиз = dнеиз + 2·δиз = 6,45+2·1,30 = 6,45+2,60 = 9,05 мм.

Так как кабель пятижильный, то определяем наружный диаметр скрученного сердечника по формуле:

Dск = 2,701·dиз = 2,701·9,05 = 24,444 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией скрученного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Диаметр неизолированной токопроводящей жилы А-жильного кабеля равен В мм. Номинальная толщина изоляции равна С мм. Определить наружный диаметр скрученного сердечника.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 5 | 5,45 | 0,7 | 18,502 мм |
| 2 | 5 | 6,95 | 0,8 | 23,094 мм |
| 3 | 4 | 7,23 | 0,9 | 21,798 мм |
| 4 | 4 | 7,66 | 1,0 | 23,319 мм |
| 5 | 3 | 8,89 | 1,1 | 23,897 мм |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Для чего необходимо применение открутки?

2. Почему открутка не применяется в кабелях с секторными ТПЖ?

3. Скруткой какого типа будет скручен сердечник в данной задаче?

4. Каким образом вычисляются коэффициенты при расчёте диаметра?

5. Для чего применяют скрутку в закрутку?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4.**

**Тема: Расчёт параметров обмотки лентами.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных параметров при обмотке сердечников проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Основными расчётными параметрами обмотки лентами являются коэффициент перекрытия Кп и угол наложения ленты α.

 Ширина обмоточной ленты выбирается таким образом, чтобы угол её наложения был меньше 45°, но больше 15º. При больших значениях угла будут наблюдаться замины ленты, при меньших – падает производительность оборудования и уменьшается плотность обмотки.

 Расчёт угла наложения производится по формуле:

 радиан,

где:

L – шаг обмотки, мм;

D – диаметр заготовки, мм;

s – толщина ленты, мм.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Диаметр скрученного сердечника кабеля равен 22,3 мм. Номинальная толщина скрепляющей ленты – 0,45 мм. Шаг обмотки – 23 мм.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить угол наложения скрепляющей ленты.

**Решение:**

Определяем угла наложения производится по формуле:



Отсюда:

0,306 рад = 17,537 º.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией обмотанного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Диаметр скрученного сердечника кабеля равен А мм. Номинальная толщина скрепляющей ленты – В мм. Шаг обмотки – С мм. Определить угол наложения скрепляющей ленты.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 32,3 | 0,26 | 35,0 | 18,75º |
| 2 | 37,2 | 0,11 | 41,2 | 19,314º |
| 3 | 21,5 | 0,55 | 38,8 | 28,656º |
| 4 | 14,4 | 0,44 | 23,3 | 25,891º |
| 5 | 8,2 | 0,33 | 22,2 | 38,575º |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Для чего необходимо придерживаться определённого диапазона углов наложения?

2. Как будет меняться устойчивость сердечника при изменении шага обмотки?

3. Каким способом обмотки накладывается обмоточная лента?

4. Какие ленты ещё могут присутствовать в конструкции кабелей?

5. При какой операции можно обмотать скрученный сердечник?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.**

**Тема: Расчёт параметров оплётки.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных параметров при оплётке сердечников проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# В качестве лёгких защитных покровов или гибких экранов в кабельных изделиях с резиновой и пластмассовой изоляцией используется оплётка.

# Оплётка представляет собой покрытие кабелей проводов или шнуров из нитей волокнистых материалов или проволок, накладываемых в два слоя в противоположных направлениях, при определенном переплетении между собой. Покрытие ведется прядями из параллельно уложенных нитей или проволок.

# Оплетка из волокнистых материалов в изделиях с резиновой изоляцией предохраняет изоляцию от различных внешних воздействий, ускоряющих процесс старения, и от многих механических воздействий. Поэтому в ряде случаев оплётка пропитывается противогнилостным составом или покрывается нитроцеллюлозными, этилцеллюлозными лаками и красками.

# Оплётка из проволок применяется в качестве экранов в радиочастотных кабелях и защитного покрытия от механических воздействий в изделиях с резиновой и пластмассовой изоляцией.

# Конструктивно оплётка может выполняться по 4 схемам переплетения 1х1, 2х2, 1х2, 1х3, т. е.:

# - когда одна прядь одного направления перекрывает, а затем проходит по одной или двумя прядками противоположного направления;

# - одна прядь одного направления перекрывает одну и затем проходит под двумя или тремя прядями противоположного направления.

# Оплётка выполняется на оплёточных машинах и характеризуется такими технологическими параметрами как шаг и угол оплётки, поверхностная плотность, ширина прядки.

# Шаг оплётки определяется по формуле:

# , где

#  – средний диаметр заготовки, мм;

#  – угол наложения нитей, º.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Средний диаметр сердечника кабеля равен 16,5 мм. Угол наложения нитей оплётки равен 25º.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить шаг наложения нитей оплётки.

**Решение:**

Переводим градусную меру в радианную по формуле:

****

Определяем шаг наложения нитей по формуле:

мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией оплетённого изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Средний диаметр сердечника кабеля равен А мм. Угол наложения нитей оплётки равен Вº. Определить шаг наложения нитей оплётки.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 33,3 | 22 | 42,267 мм |
| 2 | 36,4 | 23 | 48,540 мм |
| 3 | 22,5 | 24 | 31,471 мм |
| 4 | 15,4 | 25 | 22,560 мм |
| 5 | 8,9 | 26 | 13,637 мм |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. По каким схемам переплетения может выполняться оплётка?

2. Для чего необходима пропитка оплёточных нитей?

3. Как меняется шаг оплётки при уменьшении диаметра сердечника?

4. Каково назначение оплётки в проводниково-кабельных изделиях?

5. На каком оборудовании осуществляется процесс оплётки?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6.**

**Тема: Расчёт веса конструктивных элементов.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета веса основных элементов проводниково-кабельной продукции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для расчёта веса конструктивных элементов является руководящий документ РД 16.405-87 «Расчёт масс материалов кабельных изделий».

# Геометрические размеры конструктивных элементов принимаются номинальными без учета предельных отклонений и выражаются в миллиметрах или квадратных миллиметрах. Масса материалов рассчитывается на 1000 м изделия для принятых номинальных конструктивных размеров элементов без учета предельных отклонений, отходов угара и прочего и выражается в килограммах. При расчёте массы плотность материалов выражается в граммах на сантиметр кубический.

Для определения расхода изоляции в многожильных силовых кабелях используется формула, указанную в п. 3.10.1 РД 16.405-87:

, где:

 – номинальный диаметр жилы, мм;

 – номинальная толщина изоляции, мм;

 – плотность материала изоляции, г/см3;

 – число жил;

 – коэффициент укрутки жил в кабеле по РД 16.405-87 (таблица 8);

 – коэффициент, учитывающий технологические факторы по РД 16.405-87 (таблица 15).

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется силовой кабель со следующими конструктивными характеристиками:

 - номинальный диаметр токопроводящей жилы – 1,128 мм;

 - номинальная толщина изоляции – 0,6 мм;

 - плотность материала изоляции – 1,34 г/см3;

 - количество токопроводящих жил – 4;

 - коэффициент укрутки – 1,012;

 - технологический коэффициент – 1,0.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить массу изоляции.

**Решение:**

Для определения расхода изоляции используем формулу, указанную в п. 3.10.1 РД 16.405-87:

, отсюда:

кг/км.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией проводниково-кабельного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется силовой кабель со следующими конструктивными характеристиками:

- номинальный диаметр токопроводящей жилы – А мм;

- номинальная толщина изоляции – В мм;

- количество токопроводящих жил – С;

- технологический коэффициент – D.

Определить массу изоляции в кабеле, если известно, что плотность материала изоляции 1,35 г/см3, а коэффициент укрутки равен 1,017.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | D | Ответ |
| 1 | 1,37 | 0,6 | 5 | 1,0 | 25,491 кг/км |
| 2 | 1,76 | 0,7 | 5 | 1,02 | 37,880 кг/км |
| 3 | 2,22 | 0,8 | 4 | 1,04 | 43,351 кг/км |
| 4 | 2,71 | 0,9 | 4 | 1,06 | 59,418 кг/км |
| 5 | 3,52 | 1,0 | 3 | 1,08 | 63,167 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Откуда берётся плотность материалов изоляции?

2. Для чего необходим технологический коэффициент?

3. Как меняется масса изоляции при уменьшении диаметра токопроводящей жилы?

4. Каково назначение коэффициента укрутки в формуле?

5. Чем регламентируется толщина изоляции?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7.**

**Тема: Расчёт конструкции сталеалюминевого провода марки АС.**

**Цель работы**: освоить основы проектирования конструкции проводов для воздушных линий электропередачи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для проводов для воздушных линий электропередачи является ГОСТ 839-80.

ГОСТ 839-80 распространяется на медные, алюминиевые, из алюминиевых сплавов и сталеалюминиевые неизолированные провода, предназначенные для передачи электрической энергии в воздушных электрических сетях.

Провод марки АС – провод, состоящий из стального сердечника и алюминиевых проволок. Преимущественная область применения – в атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/м2 · сут (1,5 мг/м3) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150 исполнения УХЛ, кроме ТС и ТВ.

Номинальное сечение проводов, число и номинальные диаметры проволок, число повивов проволок должны соответствовать значениям, указанным в таблице 3 ГОСТ 839-80.

Расчётная масса проводов указана в таблицах 1-4 приложения 1 ГОСТ 839-80.

Строительная длина провода должна быть не менее указанной в таблице 4 ГОСТ 839-80.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется провод для воздушных линий электропередачи марки АС 300/39.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить конструкцию провода:

- количество и диаметр стальных проволок;

- количество и диаметр алюминиевых проволок;

- минимальную строительную длину;

- массу провода.

**Решение:**

Определяем конструкцию провода в соответствии с ГОСТ 839-80:

- количество и диаметр стальных проволок – 7х2,65 мм (таблица 3);

- количество и диаметр алюминиевых проволок – 24х4,00 (таблица 3);

- минимальную строительную длину – 2000 м (таблица 4);

- массу провода – 1132 кг/км (таблица 4 приложение 1)

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и ГОСТ 839-80.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется провод для воздушных линий электропередачи АС марки, указанной в столбце А. Определить конструкцию провода:

- количество и диаметр стальных проволок В;

- количество и диаметр алюминиевых проволок С;

- минимальную строительную длину D;

- массу провода E.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| B | C | D | E |
| 1 | 240/32 | 7х2,40 | 24х3,60 | 2000 м | 921 кг/км |
| 2 | 315/21,8 | 7х1,99 | 45х2,99 | 2000 м | 1039,2 кг/км |
| 3 | 330/30 | 7х2,30 | 48х2,98 | 2000 м | 1152 кг/км |
| 4 | 400/51,9 | 7х3,07 | 54х3,07 | 1500 м | 1509,7 кг/км |
| 5 | 450/31,1 | 7х2,38 | 45х3,57 | 1500 м | 1484,6 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Для чего в ГОСТ 839-80 есть конструкции, данные в скобках?

2. Что такое строительная длина?

3. Какой скруткой скручена токопроводящая жила провода марки АС?

4. Каково назначение стального сердечника в проводе?

5. Какие ещё марки проводов для воздушных линий электропередачи существуют (примеры)?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8.**

**Тема: Расчёт конструкции алюминиевого провода марки А.**

**Цель работы**: освоить основы проектирования конструкции проводов для воздушных линий электропередачи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для проводов для воздушных линий электропередачи является ГОСТ 839-80.

ГОСТ 839-80 распространяется на медные, алюминиевые, из алюминиевых сплавов и сталеалюминиевые неизолированные провода, предназначенные для передачи электрической энергии в воздушных электрических сетях.

Провод марки А – Провод, скрученный из алюминиевых проволок. Преимущественная область применения – в атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/м2 · сут (1,5 мг/м3) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150 исполнения УХЛ, кроме ТС и ТВ.

Номинальное сечение проводов, число и номинальные диаметры проволок, число повивов проволок должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2 ГОСТ 839-80.

Расчётная масса проводов указана в таблицах 1-4 приложения 1 ГОСТ 839-80.

Строительная длина провода должна быть не менее указанной в таблице 4 ГОСТ 839-80.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется провод для воздушных линий электропередачи марки А 25.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить конструкцию провода:

- количество и диаметр алюминиевых проволок;

- минимальную строительную длину;

- массу провода.

**Решение:**

Определяем конструкцию провода в соответствии с ГОСТ 839-80:

- количество и диаметр алюминиевых проволок – 7х2,13 (таблица 2);

- минимальную строительную длину – 4000 м (таблица 4);

- массу провода – 68 кг/км (таблица 2 приложение 1)

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и ГОСТ 839-80.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется провод для воздушных линий электропередачи А марки, указанной в столбце А. Определить конструкцию провода:

- количество и диаметр алюминиевых проволок B;

- минимальную строительную длину C;

- массу провода D.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| B | C | D |
| 1 | 95 | 7х4,10 | 2000 м | 252 кг/км |
| 2 | 120 | 19х2,80 | 1500 м | 321 кг/км |
| 3 | 150 | 19х3,15 | 1250 м | 406 кг/км |
| 4 | 185 | 19х3,50 | 1000 м | 502 кг/км |
| 5 | 240 | 19х4,00 | 1000 м | 655 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. На какие провода распространяется ГОСТ 839-80?

2. Какие отрезки проводов допустимы, кроме строительной длины?

3. Какой скруткой скручена токопроводящая жила провода марки А?

4. Как изменяется диаметр проволок с увеличением номинального сечения?

5. Приведите примеры обозначения других марок проводов для ВЛЭП?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9.**

**Тема: Расчёт конструкции кабелей низкого напряжения марки АВВГ.**

**Цель работы**: освоить основы проектирования конструкции кабелей низкого напряжения.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для силовых кабелей низкого напряжения является ГОСТ 31996-2012.

ГОСТ 31996-2012 распространяется на силовые кабели с пластмассовой изоляцией, предназначенные для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение 0,66; 1 и 3 кВ номинальной частотой 50 Гц. Стандарт устанавливает основные требования к конструкциям и техническим характеристикам кабелей, их эксплуатационные свойства и методы контроля.

# АВВГ – кабель с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, с наружной оболочкой из поливинилхлоридного пластиката. Предназначен для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях и помещениях. При групповой прокладке кабелей обязательно применение средств огнезащиты.

# Требования к конструкции кабеля указаны в пункте 5.2.1 ГОСТ.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется кабелей низкого напряжения марки АВВГ 3х2,5ок(N, PE)-0,66 с наружным диаметром скрученного сердечника 6,3 мм.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить конструкцию кабеля:

- номинальную толщину изоляции жил;

- минимальную толщину изоляции жил;

- максимальный шаг скрутки сердечника.

**Решение:**

Определяем конструкцию кабеля в соответствии с ГОСТ 31996-2012:

- номинальную толщину изоляции жил – 0,6 мм (пункт 5.2.1.9 таблица 3);

- минимальная толщина изоляции жил определяется по формуле:

, где

 – номинальная толщина изоляции. Отсюда:

мм.

- максимальный шаг скрутки сердечника (пункт 5.2.1.11) для круглых жил определяется по формуле:

, где

 – наружный диаметр скрученного сердечника. Отсюда:

мм.

Скрутка сердечника должна иметь правое направление.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и ГОСТ 31996-2012.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется кабель низкого напряжения АВВГ марки, указанной в столбце А, с наружным диаметром скрученного сердечника В. Определить конструкцию кабеля:

- номинальную толщину изоляции жил C;

- минимальную толщину изоляции жил D;

- максимальный шаг скрутки сердечника E.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | B | Ответ |
| C | D | E |
| 1 | 3х35ок(N, PE)-0,66 | 18,7 мм | 1,1 мм | 0,89 мм | 561 мм |
| 2 | 3х4ок-1 | 9,1 мм | 1,0 мм | 0,80 мм | 273 мм |
| 3 | 3х10ок(N, PE)-1 | 11,7 мм | 1,0 мм | 0,80 мм | 351 мм |
| 4 | 3х25ок-1 | 17,1 мм | 1,2 мм | 0,98 мм | 513 мм |
| 5 | 3х35ок(N, PE)-1 | 19,1 мм | 1,2 мм | 0,98 мм | 573 мм |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какие материалы применяются для изготовления изоляции и оболочки кабелей низкого напряжения?

2. Какова строительная длина для кабелей марки АВВГ?

3. Какой скруткой скручен сердечник заданного кабеля?

4. Как изменяется толщина изоляции с увеличением номинального сечения и почему?

5. Приведите примеры обозначения других марок кабелей низкого напряжения?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10.**

**Тема: Расчёт масс кабеля низкого напряжения марки АВВГ.**

**Цель работы:** приобрести навыки расчета массы основных элементов кабеля низкого напряжения марки АВВГ.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для расчёта веса конструктивных элементов является руководящий документ РД 16.405-87 «Расчёт масс материалов кабельных изделий».

# Геометрические размеры конструктивных элементов принимаются номинальными без учета предельных отклонений и выражаются в миллиметрах или квадратных миллиметрах. Масса материалов рассчитывается на 1000 м изделия для принятых номинальных конструктивных размеров элементов без учета предельных отклонений, отходов угара и прочего и выражается в килограммах. При расчёте массы плотность материалов выражается в граммах на сантиметр кубический.

Для определения веса металла в кабеле используется формула, указанную в п. 3.2.1 РД 16.405-87:

, где:

 – номинальный диаметр жилы, мм

 – число проволок в жиле;

 – число жил;

 – плотность металла жилы, г/см3;

 – коэффициент укрутки проволок жилы по РД 16.405-87 «Расчет масс материалов кабельных изделий» (таблица 6);

 – коэффициент укрутки жил в кабеле по РД 16.405-87 (таблица 8).

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется силовой кабель марки АВВГ 3х2,5ок-0,66 со следующими конструктивными характеристиками:

- номинальный диаметр токопроводящей жилы – 1,76 мм;

- коэффициент укрутки – 1,012.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить вес металла в кабеле.

**Решение:**

Для определения веса металла в кабеле будем использовать формулу, указанную в п. 3.2.1 РД 16.405-87:



Для данного кабеля:

 – 1,76 мм;

 – 1 (так как жилы однопроволочные (ок));

 – 3;

 – 2,7 г/см3 (таблица 1 РД 16.405-87);

 – 1 (так как жилы однопроволочные);

 – 1,012. Отсюда:

 кг/км.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией проводниково-кабельного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется силовой кабель АВВГ марки А со следующими конструктивными характеристиками:

- номинальный диаметр токопроводящей жилы – В;

- коэффициент укрутки – С;

Определить вес металла в кабеле, если известно, что плотность алюминия 2,7 г/см3.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 3х35ок(N, PE)-0,66 | 6,47 мм | 1,013 | 269,77 кг/км |
| 2 | 4х4ок(PE)-1 | 2,22 мм | 1,014 | 42,39 кг/км |
| 3 | 5х10ок(N, PE)-1 | 3,45 мм | 1,015 | 128,094 кг/км |
| 4 | 3х16ок-1 | 4,37 мм | 1,016 | 123,433 кг/км |
| 5 | 4х25ок(N)-1 | 5,52 мм | 1,017 | 197,14 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Откуда берётся плотность материалов токопроводящих жил?

2. Почему коэффициент укрутки проволок в жиле равен 1?

3. Как меняется масса металла при увеличении сечения токопроводящей жилы?

4. Каково назначение коэффициента укрутки жил в формуле?

5. Чем регламентируется диаметр жил в кабеле?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11.**

**Тема: Расчёт масс кабеля низкого напряжения марки ВВГ.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета массы основных элементов кабеля низкого напряжения марки ВВГ.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для расчёта веса конструктивных элементов является руководящий документ РД 16.405-87 «Расчёт масс материалов кабельных изделий».

# Геометрические размеры конструктивных элементов принимаются номинальными без учета предельных отклонений и выражаются в миллиметрах или квадратных миллиметрах. Масса материалов рассчитывается на 1000 м изделия для принятых номинальных конструктивных размеров элементов без учета предельных отклонений, отходов угара и прочего и выражается в килограммах. При расчёте массы плотность материалов выражается в граммах на сантиметр кубический.

Для определения веса металла в кабеле используется формула, указанную в п. 3.2.1 РД 16.405-87:

, где:

 – номинальный диаметр жилы, мм

 – число проволок в жиле;

 – число жил;

 – плотность металла жилы, г/см3;

 – коэффициент укрутки проволок жилы по РД 16.405-87 «Расчет масс материалов кабельных изделий» (таблица 6);

 – коэффициент укрутки жил в кабеле по РД 16.405-87 (таблица 8).

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется силовой кабель марки ВВГ 3х2,5ок-0,66 со следующими конструктивными характеристиками:

- номинальный диаметр токопроводящей жилы – 1,76 мм;

- коэффициент укрутки – 1,012.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить вес металла в кабеле.

**Решение:**

Для определения веса металла в кабеле будем использовать формулу, указанную в п. 3.2.1 РД 16.405-87:



Для данного кабеля:

 – 1,76 мм;

 – 1 (так как жилы однопроволочные (ок));

 – 3;

 – 8,89 г/см3 (таблица 1 РД 16.405-87);

 – 1 (так как жилы однопроволочные);

 – 1,012. Отсюда:

 кг/км.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией проводниково-кабельного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется силовой кабель ВВГ марки А со следующими конструктивными характеристиками:

- номинальный диаметр токопроводящей жилы – В;

- коэффициент укрутки – С;

Определить вес металла в кабеле, если известно, что плотность меди 8,89 г/см3.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 3х1,5ок-1 | 1,37 мм | 1,013 | 39,826 кг/км |
| 2 | 4х4ок(N)-1 | 2,22 мм | 1,014 | 139,571 кг/км |
| 3 | 5х6ок(N, PE)-1 | 2,67 мм | 1,015 | 252,61 кг/км |
| 4 | 4х10ок(PE)-1 | 3,52 мм | 1,016 | 351,586 кг/км |
| 5 | 5х16ок(N, PE)-1 | 4,42 мм | 1,017 | 693,63 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какие материалы применяются для токопроводящих жил кабелей низкого напряжения?

2. Какова строительная длина для кабелей марки ВВГ?

3. Какой скруткой скручен сердечник заданного кабеля?

4. Как изменяется масса жил с увеличением номинального сечения и почему?

5. Приведите примеры обозначения других марок кабелей низкого напряжения?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12.**

**Тема: Расчёт масс провода марки АС.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета массы основных элементов проводов для воздушных линий электропередачи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Согласно ГОСТ 839-80 масса многопроволочного провода любой длины равна массе одной токопроводящей проволоки той же длины, умноженной на коэффициент укрутки, указанный в таблице 2 приложения 2, плюс масса одной стальной проволоки той же длины, умноженной на коэффициент укрутки, указанный в таблице 2 приложения 2.

Предполагается, что провод или токопроводящая часть провода скручивается из проволоки одного диаметра.

Таким же образом предполагается, что стальной сердечник провода скручивается из проволоки одного диаметра, который может отличаться от диаметра токопроводящей проволоки.

Массу 1 км провода (*М*) в кг вычисляют по формуле:

 где

*М*т – масса токопроводящей части 1 км провода, кг;

*M*cm – масса стального сердечника 1 км провода, кг.

*m*т – масса 1 км одной токопроводящей проволоки номинального диаметра, кг;

*m*cm – масса 1 км одной стальной проволоки номинального диаметра, кг;

 – коэффициент укрутки для расчета массы алюминия согласно таблице 2;

 – коэффициент укрутки для расчета массы стали согласно таблице 2.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется провод для воздушных линий электропередачи марки АС 300/39. Масса 1 км алюминиевой проволоки равна 33,93 кг, масса 1 км стальной проволоки равна 42,96 кг.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить массу 1 км провода.

**Решение:**

Определяем конструкцию провода в соответствии с ГОСТ 839-80:

- количество и диаметр стальных проволок – 7х2,65 мм (таблица 3);

- количество и диаметр алюминиевых проволок – 24х4,00 (таблица 3);

Из таблицы 2 приложения 2 ГОСТ 839-80 определяем коэффициенты укруток для проволок:

- для алюминиевой – 24,46;

- для стальной – 7,03.

Вычисляем массу 1 км провода по формуле:

 кг.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и ГОСТ 839-80.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется провод для воздушных линий электропередачи АС марки, указанной в столбце А. Масса 1 км алюминиевой проволоки равна В, масса 1 км стальной проволоки равна С. Определить массу 1 км провода.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | B | C | Ответ |
| 1 | 240/32 | 27,51 кг/км | 35,28 кг/км | 921 кг/км |
| 2 | 300/67 | 26,0 кг/км | 74,96 кг/км | 1323 кг/км |
| 3 | 330/30 | 18,84 кг/км | 32,43 кг/км | 1152 кг/км |
| 4 | 400/51 | 19,75 кг/км | 56,9 кг/км | 1490 кг/км |
| 5 | 450/56 | 21,72 кг/км | 62,73 кг/км | 1640 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Почему расчётные коэффициенты больше, чем количество проволок?

2. Сравните полученную массу провода с указанной в ГОСТ.

3. Какие ещё методики вычислений даны в приложении 2 ГОСТ 839-80?

4.В соответствии с чем рассчитаны коэффициенты укрутки?

5. Почему значения массы, указанные в ГОСТ являются справочными?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13.**

**Тема: Расчёт конструкции провода марки ПуВ.**

**Цель работы**: освоить основы проектирования конструкции проводов для электрических установок.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для проводов для электрических установок является ГОСТ 31947-2012.

ГОСТ 31947-2012 распространяется на провода и кабели, в том числе пониженной пожарной опасности, применяемые для электрических установок при стационарной прокладке в осветительных сетях, а также для монтажа электрооборудования, машин, механизмов и станков на номинальное переменное напряжение до 450/750 В включительно, частотой до 400 Гц или постоянное напряжение до 1000 В включительно.

Стандарт устанавливает параметры, характеристики и свойства проводов и кабелей, а также требования к их испытаниям и эксплуатации.

Провода и кабели предназначены для эксплуатации при температуре окружающей среды до минус 40 °С.

Провод марки ПуВ не распространяет горение при одиночной прокладке, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката. Предназначен для прокладки одиночных кабельных линий и выполнения цепей питания токоприемников, расположенных в помещениях.

# Требования к конструкции провода указаны в пункте 5.2.1 ГОСТ.

# Номинальный диаметр токопроводящей жилы провода определяется по формуле:

# , где

 – номинальное расчётное сечение жилы, мм2.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется провод для электрических установок марки ПуВ 1х1,5.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить номинальный диаметр токопроводящей жилы.

**Решение:**

# Считаем номинальный диаметр токопроводящей жилы провода по формуле:

# , отсюда:

# мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и ГОСТ 31947-2012.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется провод для электрических установок ПуВ марки, указанной в столбце А Определить номинальный диаметр токопроводящей жилы.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | B |
|
| 1 | 1х2,5 | 1,784 мм |
| 2 | 1х4 | 2,257 мм |
| 3 | 1х10 | 3,568 мм |
| 4 | 1х16 | 4,514 мм |
| 5 | 1х1,0 | 1,128 мм |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Где, кроме ГОСТ, прописаны основные характеристики данных проводов?

2. Почему в ГОСТ не указана толщина изоляции?

3. Что такое номинальное сечение жилы?

4. Может ли сечение жилы быть меньше её диаметра?

5. Приведите примеры обозначения других марок проводов для электрических установок?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 14.**

**Тема: Расчёт масс провода марки ПуВ.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета веса основных элементов проводов для электрических установок.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для расчёта веса конструктивных элементов является руководящий документ РД 16.405-87 «Расчёт масс материалов кабельных изделий».

# Геометрические размеры конструктивных элементов принимаются номинальными без учета предельных отклонений и выражаются в миллиметрах или квадратных миллиметрах. Масса материалов рассчитывается на 1000 м изделия для принятых номинальных конструктивных размеров элементов без учета предельных отклонений, отходов угара и прочего и выражается в килограммах. При расчёте массы плотность материалов выражается в граммах на сантиметр кубический.

Для определения расхода изоляции в одножильных проводах используется следующая формула:

, где:

 – номинальный диаметр жилы, мм;

 – номинальная толщина изоляции, мм;

 – плотность материала изоляции, г/см3;

 – коэффициент, учитывающий технологические факторы по РД 16.405-87 (таблица 15).

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется провод для электрических установок марки ПуВ со следующими конструктивными характеристиками:

 - номинальный диаметр токопроводящей жилы – 1,21 мм;

 - номинальная толщина изоляции – 0,5 мм;

 - плотность материала изоляции – 1,32 г/см3;

 - технологический коэффициент – 1,0.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить массу изоляции.

**Решение:**

Для определения расхода изоляции используем следующую формулу:

, отсюда:

кг/км.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией провода для электрических установок марки ПуВ.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется провод для электрических установок марки ПуВ со следующими конструктивными характеристиками:

- номинальный диаметр токопроводящей жилы – А мм;

- номинальная толщина изоляции – В мм;

- технологический коэффициент – С.

Определить массу изоляции в кабеле, если известно, что плотность материала изоляции 1,38 г/см3.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 1,37 | 0,6 | 1,01 | 5,176 кг/км |
| 2 | 1,76 | 0,7 | 1,02 | 7,615 кг/км |
| 3 | 2,22 | 0,8 | 1,03 | 10,789 кг/км |
| 4 | 2,71 | 0,9 | 1,04 | 14,649 кг/км |
| 5 | 3,52 | 1,0 | 1,05 | 20,576 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какому номинальному сечению соответствует жила?

2. Для чего необходим технологический коэффициент?

3. Как влияет на массу изоляции технологический коэффициент?

4. Почему отсутствует коэффициент укрутки в формуле?

5. Опишите конструкцию данного провода?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 15.**

**Тема: Расчёт конструкции контрольного кабеля марки КВВГ.**

**Цель работы**: освоить основы проектированияконструкции контрольных кабелей.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основными документами для контрольных кабелей являются ГОСТ 1508-78 и ГОСТ 26411-85.

ГОСТ 1508-78 и ГОСТ 26411-85 распространяются распространяется на контрольные кабели с медными, алюминиевыми и алюмомедными жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией, в резиновой или пластмассовой оболочке, с защитными покровами или без них, предназначенные для присоединения к стационарным электрическим приборам, аппаратам, сборкам электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В частоты до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В.

Показатели технического уровня, установленные стандартом, предусмотрены для высшей категории качества.

Кабель контрольный марки КВВГ с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката предназначен для прокладки в помещениях, каналах, туннелях, в условиях агрессивной среды, при отсутствии механических воздействий на кабель.

Конструктивные параметры на кабель указаны в п. 2.4 ГОСТ 26411-85 и п.п. 1, 2 ГОСТ 1508-78

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется кабелей низкого напряжения марки КВВГ 4х2,5 с наружным диаметром скрученного сердечника 6,5 мм.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить конструкцию кабеля:

- номинальную толщину изоляции жил;

- минимальную толщину изоляции жил;

- номинальную толщину оболочки;

- минимальную толщину оболочки;

- наружный диаметр кабеля.

**Решение:**

Определяем конструкцию кабеля в соответствии ГОСТ 1508-78 и ГОСТ 26411-85:

- номинальную толщину изоляции жил – 0,6 мм (пункт 2.4.2 таблица 1 ГОСТ 26411-85);

- минимальная толщина изоляции жил определяется по формуле:

, где

 – номинальная толщина изоляции. Отсюда:

мм.

- номинальную толщину оболочки – 1,5 мм (пункт 1.5 таблица 5 ГОСТ 1508-78);

- минимальная толщина оболочки определяется по формуле:

, где

 – номинальная толщина оболочки. Отсюда:

мм.

- наружный диаметр кабеля определяется по формуле:

, где

 – диаметр скрученного сердечника, мм;

 – номинальная толщина оболочки. Отсюда:

мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи, ГОСТ 1508-78 и ГОСТ 26411-85.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется контрольный кабель КВВГ марки, указанной в столбце А, с наружным диаметром скрученного сердечника В. Определить конструкцию кабеля:

- номинальную толщину изоляции жил C;

- минимальную толщину изоляции жил D;

- номинальную толщину оболочки E;

- минимальную толщину оболочки F;

- наружный диаметр кабеля G.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | B | Ответ |
| --- | --- | --- | --- |
| C | D | E | F | G |
| 1 | 4х4 | 9,3 мм | 0,7 мм | 0,53 мм | 1,5 мм | 1,175 мм | 12,3 мм |
| 2 | 4х6 | 9,7 мм | 0,7 мм | 0,53 мм | 1,5 мм | 1,175 мм | 12,7 мм |
| 3 | 4х10 | 10,5 мм | 0,9 мм | 0,71 мм | 1,5 мм | 1,175 мм | 13,5 мм |
| 4 | 5х1,5 | 11,1 мм | 0,6 мм | 0,44 мм | 1,5 мм | 1,175 мм | 14,1 мм |
| 5 | 5х2,5 | 11,5 мм | 0,6 мм | 0,44 мм | 1,5 мм | 1,175 мм | 14,5 мм |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какое максимальное номинальное сечение жил для контрольных кабелей?

2. Какова строительная длина для кабелей марки КВВГ?

3. Какое максимальное количество жил для контрольных кабелей?

4. В каком климатическом исполнении изготавливаются контрольные кабели?

5. Как обозначаются кабели, имеющие счётную пару жил?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 16.**

**Тема: Расчёт масс контрольного кабеля марки КВВГ.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета массы основных элементов кабеля контрольного марки КВВГ.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для расчёта веса конструктивных элементов является руководящий документ РД 16.405-87 «Расчёт масс материалов кабельных изделий».

# Геометрические размеры конструктивных элементов принимаются номинальными без учета предельных отклонений и выражаются в миллиметрах или квадратных миллиметрах. Масса материалов рассчитывается на 1000 м изделия для принятых номинальных конструктивных размеров элементов без учета предельных отклонений, отходов угара и прочего и выражается в килограммах. При расчёте массы плотность материалов выражается в граммах на сантиметр кубический.

# Наружная оболочка на сердечники контрольных кабелей накладывается свободным способом (без обжатия).

Расход оболочки, наложенной свободным способом (без обжатия) определяется с использованием формулы [128], указанной в РД 16.405-87:

, где

 – диаметр поверх оболочки (диаметр кабеля), мм;

 – номинальная толщина оболочки, мм;

 – плотность материала оболочки, г/см3;

 – коэффициент, учитывающий технологические факторы по РД 16.405-87 (таблица 15).

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется контрольный кабель марки КВВГ 4х2,5 со следующими конструктивными характеристиками:

- диаметр кабеля – 10,1 мм;

- номинальная толщина оболочки – 1,2 мм;

- плотность материала оболочки – 1,65 г/см3;

- технологический коэффициент – 1,01.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить вес оболочки в кабеле.

**Решение:**

Для определения веса оболочки в кабеле будем использовать следующую формулу:



Для данного кабеля:

 – 10,1 мм;

 – 1,2 мм;

 – 1,65 г/см3;

 – 1,01. Отсюда:

кг/км.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией проводниково-кабельного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется контрольный кабель КВВГ марки А со следующими конструктивными характеристиками:

- диаметр кабеля – В мм;

- номинальная толщина оболочки – С мм;

- плотность материала оболочки – 1,65 г/см3;

- технологический коэффициент – D.

Определить вес оболочки в кабеле, если известно, что плотность материала оболочки – 1,65 г/см3.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | D | Ответ |
| 1 | 4х4 | 12,3 мм | 1,25 мм | 1,02 | 73,031 кг/км |
| 2 | 4х6 | 12,7 мм | 1,30 мм | 1,03 | 66,178 кг/км |
| 3 | 4х10 | 13,1 мм | 1,35 мм | 1,04 | 71,521 кг/км |
| 4 | 5х1,5 | 11,6 мм | 1,40 мм | 1,05 | 65,005 кг/км |
| 5 | 5х2,5 | 11,9 мм | 1,45 мм | 1,06 | 69,634 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какие материалы применяются при изготовлении данного кабеля?

2. Чем данный кабель отличается от силового кабеля?

3. Какой скруткой скручен сердечник заданного кабеля?

4. Токопроводящая жила какой формы применяется в данном кабеле?

5. Приведите примеры обозначения других марок контрольных кабелей?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 17.**

**Тема: Расчёт конструкции сталеалюминиевого провода.**

**Цель работы**:освоить основы проектирования конструкции сталеалюминиевых проводов для воздушных линий электропередачи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для сталеалюминиевых проводов для воздушных линий электропередачи является ГОСТ 839-80.

ГОСТ 839-80 распространяется на медные, алюминиевые, из алюминиевых сплавов и сталеалюминиевые неизолированные провода, предназначенные для передачи электрической энергии в воздушных электрических сетях.

Провод марки АСКС – провод марки АС, но межпроволочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости. Провод предназначен для использования на побережьях морей, соленых озёр в промышленных районах и районах засолоненных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/м2 · сут (1,5 мг/м3) и хлористых солей не более 200 мг/м2 · сут на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150 исполнения УХЛ, кроме ТВ.

Номинальное сечение проводов, число и номинальные диаметры проволок, число повивов проволок должны соответствовать значениям, указанным в таблице 3 ГОСТ 839-80.

Расчётная масса проводов указана в таблицах 1-4 приложения 1 ГОСТ 839-80.

Строительная длина провода должна быть не менее указанной в таблице 4 ГОСТ 839-80.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется провод для воздушных линий электропередачи марки АСКС 300/39.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить конструкцию провода:

- количество и диаметр стальных проволок;

- количество и диаметр алюминиевых проволок;

- минимальную строительную длину;

- массу провода.

**Решение:**

Определяем конструкцию провода в соответствии с ГОСТ 839-80:

- количество и диаметр стальных проволок – 7х2,65 мм (таблица 3);

- количество и диаметр алюминиевых проволок – 24х4,00 (таблица 3);

- минимальную строительную длину – 2000 м (таблица 4);

- массу провода – 1154 кг/км со смазкой (таблица 4 приложение 1)

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и ГОСТ 839-80.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется провод для воздушных линий электропередачи АСКС марки, указанной в столбце А. Определить конструкцию провода:

- количество и диаметр стальных проволок В;

- количество и диаметр алюминиевых проволок С;

- минимальную строительную длину D;

- массу провода E.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | Ответ |
| --- | --- | --- |
| B | C | D | E |
| 1 | 240/32 | 7х2,40 | 24х3,60 | 2000 м | 938 кг/км |
| 2 | 300/204 | 37х2,65 | 54х2,65 | 2000 м | 2530 кг/км |
| 3 | 330/30 | 7х2,30 | 48х2,98 | 2000 м | 1168 кг/км |
| 4 | 400/18 | 7х1,85 | 42х3,40 | 1500 м | 1211 кг/км |
| 5 | 400/93 | 19х2,50 | 30х4,15 | 1500 м | 1904 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какие ещё есть марки проводов для воздушных линий электропередачи со смазкой внутри сердечника?

2. Какая должна быть кратность скрутки для данного провода?

3. Можно ли производить соединение отдельных проволок сваркой?

4. Какое должно быть электрическое сопротивление проводов постоянному току?

5. Какое должно быть разрывное усилие проводов?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 18.**

**Тема: Расчёт масс кабеля высокого напряжения.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета массы основных элементов кабеля высокого напряжения.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для кабеля высокого напряжения является ГОСТ Р 55025-2012.

ГОСТ Р 55025-2012 распространяется на силовые кабели с пластмассовой изоляцией, предназначенные для передачи и распределения электрической энергии в стационарных установках на номинальное переменное напряжение от 6 до 35 кВ включительно номинальной частотой 50 Гц.

Стандарт устанавливает основные требования к конструкциям и техническим характеристикам кабелей, их эксплуатационные свойства и методы контроля..

Кабель ПвБBнг(A)-LS 3х240мс/25-10 – кабель в климатическом исполнении УХЛ, с тремя медными многопроволочными секторными жилами номинальным сечением 240 мм2, с медным экраном номинальным сечением 25 мм2, на номинальное напряжение 10 кВ.

Требования к конструкции кабелей указаны в п. 5.2.1 ГОСТ Р 55025-2012.

Для определения расхода изоляции используется формула, указанную в п. 3.10.1 РД 16.405-87:

, где:

 – номинальный диаметр под изоляцией, мм;

 – номинальная толщина изоляции, мм;

 – плотность материала изоляции, г/см3;

 – число жил;

 – коэффициент укрутки жил в кабеле по РД 16.405-87 (таблица 8);

 – коэффициент, учитывающий технологические факторы по РД 16.405-87 (таблица 15).

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется кабель высокого напряжения марки ПвПу 1х35/16-6 со следующими конструктивными характеристиками:

 – номинальный диаметр под изоляцией – 5,45 мм;

 – плотность материала изоляции – 0,93 г/см3;

 – 1, так как кабель одножильный;

 – коэффициент укрутки равен 1, так как кабель одножильный;

 – технологический коэффициент – 1,1.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить массу изоляции в кабеле.

**Решение:**

Согласно таблице 3 ГОСТ Р 55025-2012 номинальная толщина изоляции для жил данного кабеля будет равна 2,5 мм. Для определения расхода изоляции используем следующую формулу:

, отсюда:

кг/км.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией проводниково-кабельного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется кабель высокого напряжения марки ПвПу марки А со следующими конструктивными характеристиками:

– номинальный диаметр под изоляцией – B;

– коэффициент укрутки – C;

– технологический коэффициент – D.

Определить вес изоляции в кабеле, если известно, что плотность материала изоляции – 0,923 г/см3.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | D | Ответ |
| 1 | 2х50/16-6 | 12,3 мм | 1,01 | 1,05 | 227,56 кг/км |
| 2 | 3х70/25-10 | 13,7 мм | 1,02 | 1,06 | 546,833 кг/км |
| 3 | 3х95/35-15 | 14,1 мм | 1,03 | 1,07 | 802,454 кг/км |
| 4 | 4х120/50-20 | 15,6 мм | 1,04 | 1,08 | 1511,871 кг/км |
| 5 | 5х150/70-30 | 16,9 мм | 1,05 | 1,09 | 3305,428 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какие материалы применяются при изготовлении данного кабеля?

2. На что накладывается изоляция в данном кабеле?

3. Что означают цифры после дроби в обозначении?

4. Как осуществляется выбор сечения экрана в данных кабелях?

5. Приведите примеры обозначения других марок кабелей высокого напряжения?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 19.**

**Тема: Расчёт электрических параметров симметрических кабелей.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных электрических параметров симметричных кабелей связи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Применимость кабеля для передачи сигналов зависит от его электрических характеристик. А они, в свою очередь, определяются параметрами передачи и параметрами влияния. Параметры передачи характеризуют процесс распространения электромагнитной энергии по симметричной паре, а параметры влияния – переход электромагнитной энергии с одной симметричной пары на другую и защищенность цепей от взаимных и внешних помех.

# При поверхностном эффекте вихревые токи от переменного магнитного поля проводника с током 1 взаимодействуют с током этого же проводника. В центре эти токи направлены встречно, а по краям попутно вызвавшему их току. В результате плотность тока увеличивается по мере удаления от центра проводника к его поверхности. Внутренние слои проводника при этом как бы не используются.

# Эффект близости наблюдается при взаимодействии вихревых токов, наведенных магнитным полем проводника 1 в соседнем проводнике 2, с основным током этого проводника. В результате такого взаимодействия происходит перераспределение плотности тока во втором проводнике, при этом она увеличивается на взаимообращенных друг к другу сторонах проводников симметричной цепи в случае, когда токи в проводниках текут в противоположных направлениях и на взаимно удаленных поверхностях при одинаковом направлении токов.

# Оба эти эффекта сказываются тем сильнее, чем выше частота протекаемого тока. Суммарное действие этих эффектов приводит к увеличению сопротивления с ростом частоты.

# Коэффициент вихревых токов рассчитывается по формуле:

# , где

#  – круговая частота тока, рад/с;

#  – магнитная проницаемость вакуума, Гн/м;

#  – удельная проводимость материала жил, См/м.

# При этом учитываем, что:

# , где

#  – линейная частота тока, Гц.

# , где

#  – удельное сопротивление материала жил, Ом/м.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется симметричный кабель связи с удельным сопротивлением материала жил 0,01728 мкОм/м и линейной частотой сигнала 101 МГц.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить следующие параметры кабеля связи:

- удельную проводимость материала жил;

- круговую частоту сигнала;

- коэффициент вихревых токов.

**Решение:**

Определяем удельную проводимость материала жил:

0,01728 мкОм/м = 0,01728·10-6 Ом/м

См/м = 57,87·106 См/м.

Определяем круговую частоту сигнала:

101 МГц = 101·106 Гц

рад/с.

Определяем коэффициент вихревых токов:

– магнитная проницаемость вакуума (справочная величина) равная 4π·10-7 Гн/м.

м-1.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется симметричный кабель связи с удельным сопротивлением материала жил А и линейной частотой сигнала B. Определить следующие параметры кабеля связи:

- удельную проводимость материала жил C;

- круговую частоту сигнала D;

- коэффициент вихревых токов E.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | В | Ответ |
| --- | --- | --- | --- |
| C | D | E |
| 1 | 0,018 мкОм/м | 50 кГц | 55,556 МСм/м | 314160 рад/с | 4683 м-1 |
| 2 | 0,019 мкОм/м | 110 кГц | 52,632 МСм/м | 691152 рад/с | 6761 м-1 |
| 3 | 0,021 мкОм/м | 500 кГц | 47,619 МСм/м | 3141600 рад/с | 13711 м-1 |
| 4 | 0,022 мкОм/м | 1,5 МГц | 45,455 МСм/м | 9424800 рад/с | 23202 м-1 |
| 5 | 0,023 мкОм/м | 16 МГц | 43,478 МСм/м | 100531200 рад/с | 74113 м-1 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Чем круговая частота тока отличается от линейной?

2. Какой физический смысл диэлектрической проницаемости вакуума?

3. Опишите сигнал, передаваемый с помощью данного симметричного кабеля связи?

4. Опишите воздействие вихревого тока?

5. Как изменяется воздействие вихревого тока с увеличением частоты?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 20.**

**Тема: Расчёт электрических параметров коаксиальных кабелей.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных электрических параметров коаксиальных кабелей связи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Конструктивные элементы кабеля соответствуют указанным на рисунке 1:



# *Рисунок 1. Конструктивные элементы коаксиального кабеля.*

# *1 – внутренний проводник; 2 – изоляция; 3 – внешний проводник; 4 – оболочка.*

Одним из основных электрических параметров для кабелей связи является его индуктивность. Для расчета индуктивности радиочастотного кабеля используют следующую формулу:

, где

– относительная магнитная проницаемость изоляционного материала;

– магнитная постоянная (4π·10-7 Гн/м);

d – диаметр внутреннего проводника;

D – диаметр внешнего проводника.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется радиочастотный коаксиальный кабель связи со следующими характеристиками:

- диаметр внутреннего проводника – 0,17 мм;

- диаметр внешнего проводника – 1,0.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить индуктивность радиочастотного кабеля.

**Решение:**

Принимаем относительную магнитную проницаемость изоляционного материала за 1,0. Определяем индуктивность радиочастотного кабеля по формуле:

Гн/м =

= 0,354 мкГн/м.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

1 Имеется радиочастотный коаксиальный кабель связи со следующими характеристиками:

- диаметр внутреннего проводника – А;

- диаметр внешнего проводника – В.

Определить индуктивность радиочастотного кабеля, если относительная магнитная проницаемость изоляционного материала равна 1.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | В | Ответ |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0,122 мм | 1,1 мм | 0,44 мкГн/м |
| 2 | 0,133 мм | 1,4 мм | 0,358 мкГн/м |
| 3 | 0,144 мм | 1,6 мм | 0,471 мкГн/м |
| 4 | 0,155 мм | 1,8 мм | 0,482 мкГн/м |
| 5 | 0,166 мм | 2,0 мм | 0,498 мкГн/м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что такое относительная магнитная проницаемость?

2. Опишите структуру данного кабеля связи?

3. Как можно сократить формулу, используемую в данной задаче?

4. На что влияет индуктивность кабеля связи?

5. Приведите примеры основных электрических параметров кабелей связи?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 21.**

**Тема: Расчёт электрических параметров экранированных радиочастотных кабелей.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных электрических параметров экранированных радиочастотных кабелей.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Одним из основных электрических параметров для экранированных радиочастотных кабелей является их ёмкость. Для расчета ёмкости радиочастотного кабеля используют следующую формулу:

, где

– относительная диэлектрическая проницаемость изоляционного материала;

– электрическая постоянная (8,854·10-12 Ф/м);

d – диаметр внутреннего проводника;

D – диаметр внешнего проводника.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется радиочастотный экранированный кабель связи со следующими характеристиками:

- диаметр внутреннего проводника – 0,17 мм;

- диаметр внешнего проводника – 1,0.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить ёмкость радиочастотного кабеля.

**Решение:**

Принимаем относительную диэлектрическую проницаемость изоляционного материала (полиэтилена) за 2,25. Определяем ёмкость радиочастотного кабеля по формуле:

=

= 70,638·10-12 Ф/м = 70,638 пФ/м.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

1 Имеется радиочастотный экранированный кабель связи со следующими характеристиками:

- диаметр внутреннего проводника – А;

- диаметр внешнего проводника – В.

Определить ёмкость радиочастотного кабеля, если относительная диэлектрическая проницаемость изоляционного материала равна 2,2.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | В | Ответ |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 0,122 мм | 1,1 мм | 55,656 пФ/м |
| 2 | 0,133 мм | 1,4 мм | 51,995 пФ/м |
| 3 | 0,144 мм | 1,6 мм | 50,827 пФ/м |
| 4 | 0,155 мм | 1,8 мм | 49,912 пФ/м |
| 5 | 0,166 мм | 2,0 мм | 49,174 пФ/м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что такое относительная диэлектрическая проницаемость?

2. Какое назначение экрана в кабеле связи?

3. Как взаимосвязаны относительные диэлектрические и магнитные проницаемости?

4. На что влияет ёмкость кабеля связи?

5. Приведите примеры дополнительных электрических параметров кабелей связи?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 22.**

**Тема: Расчёт электрических параметров неэкранированных радиочастотных кабелей.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных электрических параметров неэкранированных радиочастотных кабелей.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Одним из дополнительных электрических параметров для неэкранированных радиочастотных кабелей является коэффициент фазы. Он показывает смещение фазы движущейся волны на единицу длины изделия.

 Для расчета коэффициента фазы радиочастотного кабеля используют следующую формулу:

, где

ω – круговая частота, Гц;

L – индуктивность кабеля, Гн/м;

C – ёмкость кабеля, Ф/м.

# При этом учитываем, что:

# , где

#  – линейная частота тока, Гц.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется радиочастотный неэкранированный кабель связи со следующими характеристиками:

- частота сигнала – 10 кГц;

- индуктивность кабеля – 0,354 мкГн/м;

- ёмкость кабеля – 70,638 пФ/м.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить коэффициент фазы радиочастотного кабеля.

**Решение:**

10 кГц = 10·103 Гц

0,354 мкГн/м = 0,354·10-6 Гн/м

70,638 пФ/м = 70,638 ·10-12 Ф/м

 рад/с. Отсюда



= 0,314·10-3 рад/м.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

1 Имеется радиочастотный неэкранированный кабель связи со следующими характеристиками:

- частота сигнала – А;

- индуктивность кабеля – В;

- ёмкость кабеля – С.

Определить коэффициент фазы радиочастотного кабеля.

***Варианты заданий:***

| Вариант | А | В | С | Ответ |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 11 | 0,44 мкГн/м | 55,656 пФ/м | 0,342·10-3 рад/м |
| 2 | 12 | 0,358 мкГн/м | 51,995 пФ/м | 0,325·10-3 рад/м |
| 3 | 13 | 0,471 мкГн/м | 50,827 пФ/м | 0,4·10-3 рад/м |
| 4 | 14 | 0,482 мкГн/м | 49,912 пФ/м | 0,431·10-3 рад/м |
| 5 | 15 | 0,498 мкГн/м | 49,174 пФ/м | 0,466·10-3 рад/м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что такое коэффициент фазы?

2. Для чего применяется коэффициент фазы?

3. Каким образом уменьшить смещение фазы?

4. Из каких материалов изготавливается экран в кабеле связи?

5. Приведите пример использования данного кабеля?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 23.**

**Тема: Расчёт массы кабеля связи.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета массы основных элементов радиочастотных кабелей связи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Основным документом для радиочастотных кабелей связи является ГОСТ 11326.0-78.

# Марки кабелей должны состоять из букв, означающих тип кабеля, и трёх чисел (раздели-

# тельных тире).

# РК – радиочастотный коаксиальный кабель.

# Первое число означает значение номинального волнового сопротивления.

# Второе число – значение номинального диаметра по изоляции, округленное до ближайшего меньшего целого числа для диаметров более 2 мм (за исключением диаметра 2,95 мм, который должен быть округлен до 3, и диаметра 3,7 мм, который округлять не следует).

# Третье двух- или трехзначное число означает: первая цифра – группу изоляции и категорию теплостойкости кабеля, а последующие цифры означают порядковый номер разработки.

# Кабелям соответствующей теплостойкости присвоено следующее цифровое обозначение:

# 1 – обычной теплостойкости со сплошной изоляцией;

# 2 – повышенной теплостойкости со сплошной изоляцией;

# 3 – обычной теплостойкости с полувоздушной изоляцией;

# 4 – повышенной теплостойкости с полувоздушной изоляцией;

# 5 – обычной теплостойкости с воздушной изоляцией;

# 6 – повышенной теплостойкости с воздушной изоляцией;

# 7 – высокой теплостойкости.

# Кабель РК 50-4-11 – радиочастотный коаксиальный кабель с номинальным волновым сопротивлением 50 Ом, со сплошной изоляцией обычной теплостойкости, номинальным диаметром по изоляции 4,6 мм и номером разработки 1.

# Наружная оболочка на сердечники коаксиальных кабелей накладывается свободным способом (без обжатия). Толщина оболочки определяется по таблице 2 ГОСТ 11326.0-78.

Расход оболочки, наложенной свободным способом (без обжатия) определяется с использованием следующей формулы:



, где

 – диаметр под оболочкой, мм;

 – номинальная толщина оболочки, мм;

 – плотность материала оболочки, г/см3;

 – коэффициент, учитывающий технологические факторы по РД 16.405-87 (таблица 15).

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется радиочастотный коаксиальный кабель марки РК 50-4-11 с оболочкой из полиэтилена плотностью – 0,923 г/см3и технологическим коэффициентом оболочки – 1,01.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить вес оболочки в кабеле.

**Решение:**

Для определения веса оболочки в кабеле будем использовать следующую формулу:



Для данного кабеля:

 – 4,6 мм;

 – 0,35 мм;

 – 0,923 г/см3;

 – 1,01. Отсюда:

кг/км.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией проводниково-кабельного изделия.

2. Рассчитать заданные параметры по формулам, приведенным в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется радиочастотный коаксиальный кабель РК марки А со следующими конструктивными характеристиками:

- плотность материала оболочки – В мм;

- технологический коэффициент – С.

Определить вес оболочки в кабеле.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 50-3,7-11 | 0,88 г/см3 | 1,02 | 3,997 кг/км |
| 2 | 75-5-11 | 0,89 г/см3 | 1,03 | 5,997 кг/км |
| 3 | 100-7-11 | 0,9 г/см3 | 1,04 | 11,395 кг/км |
| 4 | 150-9-11 | 0,91 г/см3 | 1,05 | 14,259 кг/км |
| 5 | 200-11-11 | 0,92 г/см3 | 1,06 | 22,242 кг/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, основные расчётные формулы, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какие материалы применяются при изготовлении данного кабеля?

2. Расшифруйте обозначение данного кабеля?

3. Какая область применения радиочастотных коаксиальных кабелей?

4.Что такое волновое сопротивление?

5. Приведите примеры обозначения других марок радиочастотных кабелей?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 24.**

**Тема: Расчёт параметров оптического волокна.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных параметров оптических волокон кабелей связи.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Затухание является важнейшим параметром оптических кабелей. Затухание обусловлено собственными потерями в волоконном световоде и дополнительными потерями, так называемыми кабельными, обусловленными скруткой, а также деформацией и изгибами оптических волокон при наложении покрытий и защитных оболочек в процессе изготовления ОК.

# Собственные потери волоконного световода состоят из потерь поглощения молекулами кварца и потерь рассеяния вследствие изменения направления распространения лучей на нерегулярностях и их высвечивания в окружающее пространство.

# Часть мощности поглощается также и посторонними примесями, выделяясь в виде джоулева тепла. Примесями могут являться ионы металлов (никель, железо, кобальт и др.) и гидроксильные группы (ОН), приводящие к появлению резонансных всплесков затухания.

# Затухание за счёт поглощения связано с потерями на диэлектрическую поляризацию, линейно растет с частотой, существенно зависит от свойств материала оптического волокна. Потери на поглощение растут линейно с уменьшением частоты.

# Потери релеевского рассеяния обусловлены неоднородностями материала волоконного световода, расстояния между которыми меньше длины волны, и тепловой флуктуацией показателя преломления.

# Дополнительное затухание, обусловленное кабельными потерями, состоит из суммы, по крайней мере, семи видов парциальных коэффициентов затухания:

# 1 – возникает вследствие приложения к ОВ термомеханических воздействий в процессе изготовления кабеля;

# 2 – вследствие температурной зависимости коэффициента преломления материала ОВ;

# 3 – вызывается микроизгибами ОВ;

# 4 – возникает вследствие нарушения прямолинейности ОВ (скрутка);

# 5 – возникает вследствие кручения ОВ относительно его оси (осевые напряжения скручивания);

# 6 – возникает вследствие неравномерности покрытия ОВ;

# 7 – возникает вследствие потерь в защитной оболочке ОВ.

# Дополнительные потери определяются в основном процессами рассеяния энергии на неоднородностях, возникающих вследствие перечисленных влияний, и частично увеличением потерь на поглощение энергии. Причинами увеличения потерь на поглощение являются остаточные осевые и поперечные напряжения в ОВ, могущие возникнуть при изготовлении кабеля.

# Затухание в местах соединений оптических волокон. В отличие от традиционных кабелей затухание в сростках ОВ может достигать больших величин, соизмеримых с километрическим затуханием. На затухание сростка большое значение оказывает поперечное смещение и смещение осей.

# Внутренние потери. Производство оптических волокон оставляет некоторые допуски на воспроизводимость их параметров. Потери в ОВ обусловлены различием: числовых апертур, диаметров сердцевины, диаметров модового поля, некруглостью, неконцентричностью сердцевины/оболочки.

# Экспериментально потери излучения в волоконных световодах принято выражать в децибелах на единицу длины волокна 1 км (линейные потери):

# , где

#  – мощность прошедшего через ОВ светового потока, Вт;

#  – мощность входящего (падающего) на ОВ светового потока, Вт,

# L – длина оптического волокна, км.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется оптическое волокно длиной 500 м. Замеренная мощность входного сигнала составила 1 мВт, выходного – 0,9 мВт.

2. Записываем данные для расчёта по форме «Дано:».

3. Определить линейные потери в оптическом волокне.

**Решение:**

# 500 м = 0,5 км;

# 1 мВт = 1·10-3 Вт;

# 0,9 мВт = 0,9·10-3 Вт.

# Определяем линейные потери в данном волокне по формуле:

дБ/км.

Знак «–» в данном случае означает затухание сигнала.

*Ход работы:*

1. Ознакомиться с условием задачи.

2. Определить заданные параметры по методике, указанной в теоретической части.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется оптическое волокно длиной А. Замеренная мощность входного сигнала составила В, выходного – С. Определить линейные потери в оптическом волокне

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | B | C | Ответ |
| 1 | 375 м | 0,98 мВт | 0,64 мВт | -4,935 дБ/км |
| 2 | 398 м | 1,34 мВт | 0,98 мВт | -3,414 дБ/км |
| 3 | 406 м | 1,22 мВт | 0,62 мВт | -7,241 дБ/км |
| 4 | 435 м | 0,33 мВт | 0,01 мВт | -34,908 дБ/км |
| 5 | 444 м | 0,64 мВт | 0,02 мВт | -33,9 дБ/км |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что такое собственные потери волоконного световода?

2. Что значит затухание в местах соединений оптических волокон?

3. Что значит дополнительное затухание, обусловленное кабельными потерями?

4. Чем обусловлено релеевское рассеяние?

5. Приведите пример использования оптических волокон?