**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 15.**

**Тема: Определение параметров скрутки для конкретных марок кабельных изделий.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных параметров скрутки при изготовлении различных марок проводниково-кабельных изделий.

**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 определяется по следующим формулам соответственно 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 силового 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 № 16.**

**Тема: Определение параметров обмотки для конкретных марок кабельных изделий.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных параметровобмотки при изготовлении сердечников силовых кабелей низкого напряжения.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

В соответствии с ГОСТ 31996-2012 изолированные секторные токопроводящие жилы пятижильных силовых кабелей должны быть скручены без заполнения наружных промежутков с одновременным спиральным наложением скрепляющей полимерной ленты. Допускается наложение одной или нескольких лент из нетканого полотна или другого равноценного материала с перекрытием не менее 20 %.

Расчет коэффициента перекрытия производится по формуле:

, где:



L – шаг обмотки, мм;

α – угол наложения, радиан;

h – ширина ленты, мм.

Если в результате Кп<0, то лента накладывается с зазором, Если Кп>0 – с перекрытием.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1. Производится скрутка изолированных секторных токопроводящих жил пятижильного силового кабеля марки АВВГнг(А). Поверх сердечника кабеля накладывается скрепляющая полимерная лента шириной 30 мм с углом наложения 18º и шагом 25 мм.

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

3. Определить коэффициент перекрытия скрепляющей ленты.

**Решение:**

Производим перевод угла наложения из градусной меры в радианную:

 рад.

Расчет коэффициента перекрытия производится по формуле:



Скрепляющая полимерная лента накладывается с перекрытием 20,5 %, что соответствует требованиям ГОСТ 31996-2012.

***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.

Производится скрутка изолированных секторных токопроводящих жил пятижильного силового кабеля марки ВВГнг(А). Поверх сердечника кабеля накладывается скрепляющая полимерная лента шириной А с углом наложения В и шагом С мм. Определить коэффициент перекрытия скрепляющей ленты.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 20 мм | 9º | 15 мм | 0,259 |
| 2 | 25 мм | 12º | 20 мм | 0,217 |
| 3 | 35 мм | 18º | 30 мм | 0,183 |
| 4 | 40 мм | 20º | 35 мм | 0,179 |
| 5 | 45 мм | 23º | 40 мм | 0,181 |

**4 Содержание отчёта.**

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

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Сделайте выводы о соответствии изделия требованиям ГОСТ 31996-2012?

2. Как параметры обмотки влияют на коэффициент перекрытия?

3. Каким способом обмотки накладывается обмоточная лента?

4. Почему пятижильные кабели могут быть скручены без заполнения наружных промежутков?

5. Почему операция обмотки совмещена с операцией скрутки?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 17.**

**Тема: Определение параметров оплётки.**

**Цель работы**:приобрести навыки расчета основных параметров оплётки при изготовлении различных марок проводниково-кабельных изделий.

**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. Угол наложения нитей оплётки равен В. Определить шаг наложения нитей оплётки.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 33,3 мм | 22º | 42,267 мм |
| 2 | 36,4 мм | 23º | 48,540 мм |
| 3 | 22,5 мм | 24º | 31,471 мм |
| 4 | 15,4 мм | 25º | 22,560 мм |
| 5 | 8,9 мм | 26º | 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 № 18.**

**Тема: Определение параметров обмотки лентами.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета основных параметров обмотки металлическими лентами при изготовлении различных марок проводниково-кабельных изделий.

**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 силового кабеля равен А. Номинальная толщина скрепляющей ленты – В. Шаг обмотки – С. Определить угол наложения скрепляющей ленты.

***Варианты заданий:***

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

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 19.**

**Тема: Расчёт производительности экструдера.**

**Цель работы**: научиться рассчитывать производительность экструдера при различных видах наложения оболочек или изоляции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Производительность экструдера – величина индивидуальная для каждого экструдера.

Производительность экструдера можно рассчитать исходя из скорости экструдирования пластиката на заготовку.

Линейная скорость экструдирования определяется по формуле:

, где

– производительность экструдера, кг/ч;



 – расход экструдата на 1 км изоляции или оболочки, кг/км;

1000 – переводной коэффициент;

60 – переводной коэффициент. Отсюда:



**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. На экструзионной линии производится опрессовка заготовки ПВХ-пластикатом. Расход экструдата на 1 км заготовки – 45,4 кг. Линейная скорость экструдирования – 33 м/мин.

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

3. Определить производительность экструдера.

**Решение:**

Определяем производительность экструдера по формуле:

кг/ч.

Округляем значение в пределах ± 5 кг/ч до базового значения 90 кг/ч.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания решить поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

На экструзионной линии производится опрессовка заготовки ПВХ-пластикатом. Расход экструдата на 1 км заготовки – А. Линейная скорость экструдирования – В. Определить производительность экструдера.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 94,5 кг/км | 15 м/мин | 85 кг/ч |
| 2 | 88,8 кг/км | 20 м/мин | 105 кг/ч |
| 3 | 79,6 кг/км | 27 м/мин | 130 кг/ч |
| 4 | 73,2 кг/км | 34 м/мин | 150 кг/ч |
| 5 | 64,6 кг/км | 46 м/мин | 180 кг/ч |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Влияет ли материал экструдата на результат?

2. Какими параметрами регулируется толщина наложения слоя экструдата?

3. Как влияет на линейную скорость производительность экструдера?

4. Для чего необходимо округление значений?

5. Меняется ли методика расчёта при изменении способа наложения экструдата?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 20.**

**Тема: Расчёт формирующего инструмента.**

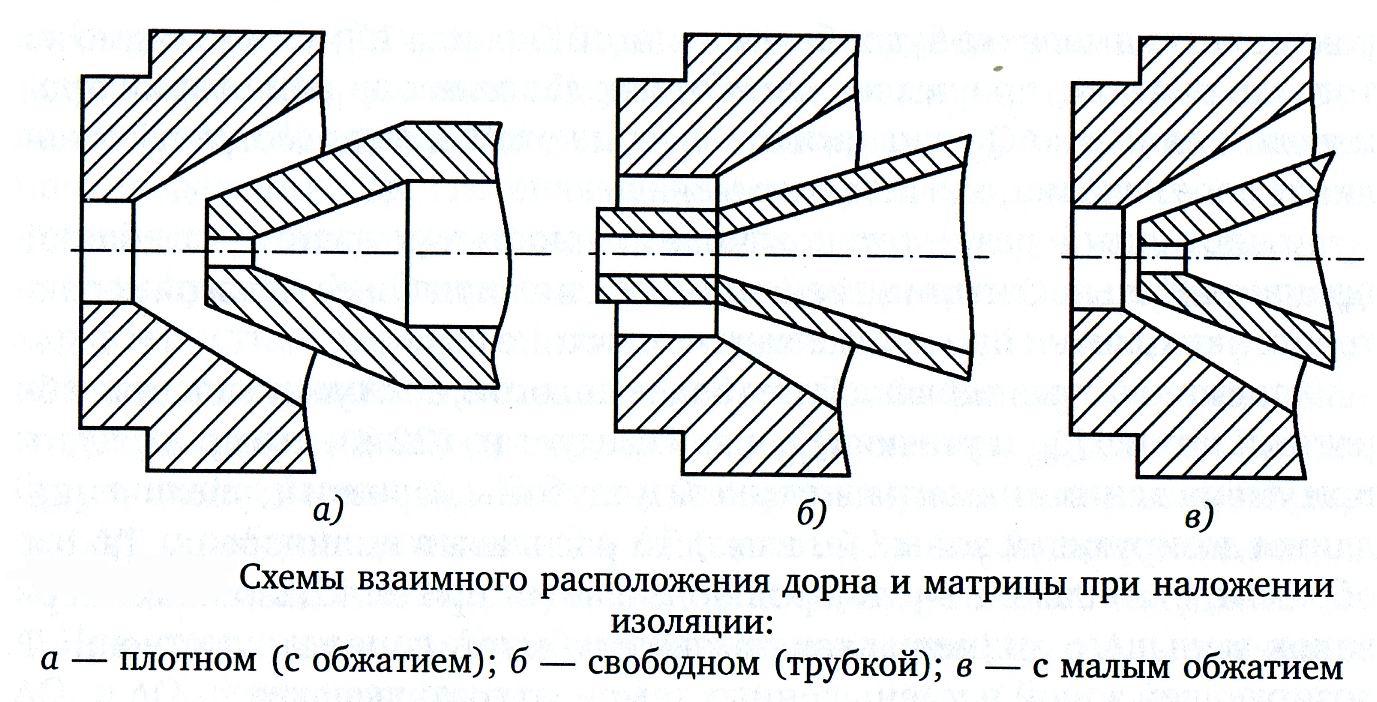
**Цель работы**: приобрести навыки расчета формирующего инструмента (дорн, матрица) в экструзионной головке при различных видах наложения оболочек или изоляции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Самым распространённым способом наложения изоляции и оболочек является свободный способ (без обжатия).

Схема установки инструмента при наложении изоляции и оболочек свободным способом в экструзионной головке отображена на рисунке.



# Диаметр дорна зависит от диаметра сердечника и считается в соответствии с таблицей для свободного способа наложения:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Dс, мм | Основные размеры | |
| Dд, мм | Dдн, мм  (+ две толщины стенки носика дорна) |
|
| до 10 | Dc + 0,8 | Dд + 1,5 |
| 10…20 | Dc + 1,0 | Dд + 2,5 |
| > 20 | Dc + 1,5 | Dд + 3,0 |

Диаметр внутреннего отверстия матрицы считается по формуле:

, где

– диаметр скрученного сердечника, мм;



 – диаметр кабеля, мм;

– диаметр внутреннего отверстия дорна, мм;



– две толщины стенки носика дорна, мм;



# – коэффициент вытяжки слоя полимера. Показывает, во сколько раз площадь поперечного сечения полимерного слоя меньше площади сечения кольцевого зазора пары дорн-матрица. Для ПВХ-пластиката должен иметь значение в пределах 1,3-1,8.



# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется сердечник кабеля диаметром 12,3 мм. На него накладывается без обжатия пластмассовая оболочка номинальной толщиной 1,8 мм.

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

3. Рассчитать внутренние диаметры формирующего инструмента.

**Решение:**

Согласно таблицам выбираем внутренний диаметр дорна Dд. При Dс = 12,3 мм и способом наложения оболочки без обжатия внутренний диаметр дорна должен быть 12,3 + 1,0 = 13,3 мм.

Согласно таблицам выбираем две толщины стенки дорна. При Dс = 12,3 мм и способом наложения оболочки без обжатия две толщины стенки дорна должны быть 2,5 мм.

Рассчитываем диаметр кабеля:

где



δо – номинальная толщина оболочки. Отсюда:

мм.

Принимаем коэффициент вытяжки слоя полимера как 1,5. Рассчитываем внутренний диаметр матрицы по формуле:

мм.

Принимаем внутренний диаметр дорна – 13,3 мм, внутренний диаметр матрицы – 20,1 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией 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 сердечник кабеля диаметром А. На него накладывается без обжатия пластмассовая оболочка номинальной толщиной В. Рассчитать внутренние диаметры формирующего инструмента. Коэффициент вытяжки принять равным 1,6.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Приближённый ответ |
| 1 | 16 мм | 2,2 мм | 17 мм; 25,3 мм |
| 2 | 26 мм | 2,6 мм | 27,5 мм; 37,5 мм |
| 3 | 36 мм | 3,2 мм | 37,5 мм; 49,5 мм |
| 4 | 46 мм | 3,5 мм | 47,5 мм; 60,5 мм |
| 5 | 56 мм | 3,8 мм | 57,5 мм; 71,6 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. На каком оборудовании производится наложение пластмассовых оболочек?

2. Какие преимущества пластмассовых оболочек?

3. Какие недостатки пластмассовых оболочек?

4. Каким способом накладываются пластмассовые оболочки?

5. Как располагается инструмент при данном способе наложения?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 21.**

**Тема: Расчёт по переходу на пластикат другого цвета (другой марки).**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета необходимого количества пластиката при переходе на другую марку или сечение.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

При работе на экструзионной линии необходимо уметь производить расчёты по определению необходимого количества пластиката при переходе на другую его марку или сечение заготовки.

При переходе на материал другого цвета (другой марки) оператору экструзионной линии (опрессовщику) необходимо выполнить следующее:

1) Рассчитать длину изделия, которая получится при использовании материала, находящегося в головке и цилиндре экструдера, по формуле:

, где

М – масса материала, находящегося в головке и цилиндре экструдера (величина постоянная для одной пары экструдер-головка и одного материала), кг;

Q – расход материала на 1 км изделяе, кг/км;

1000 – переводной коэффициент.

2) Рассчитать длину, при достижении которой необходимо переходить на материал другого цвета (другой марки), по формуле:

, где

L0 – длина изделия, по достижению которой необходимо переходить на другой материал (цвет), м;

Lз – заданная длина изделия, м;

L – длина изделия, которая получится при использовании материала, находящегося в головке и цилиндре экструдера.

3) При достижении расчётной длины перехода L0 освободить бункер от используемого материала и засыпать материал другого цвета (другой марки).

4) По достижении заданной длины Lз остановить линию. Освободить экструдер от остатков используемого материала и его смеси с материалом другого цвета (другой марки). При выходе из головки материала необходимого цвета (другой марки без примесей), продолжить процесс изготовления изделия.

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. На экструзионной линии производится изготовление изолированных разным цветом токопроводящих жил длиной 1500 м каждая.

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

3. Определить длину жилы, при достижении которой необходимо переходить на материал другого цвета, если расход материала на 1 км жилы 43,8 кг, а масса материала, находящегося в головке и цилиндре экструдера – 19 кг.

**Решение:**

Рассчитываем длину изделия, которая получится при использовании материала, находящегося в головке и цилиндре экструдера, по формуле:

м.

Рассчитываем длину, при достижении которой необходимо переходить на материал другого цвета (другой марки), по формуле:

м.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания решить поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

На экструзионной линии производится изготовление изолированных разным цветом токопроводящих жил длиной А каждая. Определить длину жилы, при достижении которой необходимо переходить на материал другого цвета, если расход материала на 1 км жилы В, а масса материала, находящегося в головке и цилиндре экструдера – С.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 1000 | 53,2 | 20 | 624,1 м |
| 2 | 2000 | 64,4 | 22 | 1658,4 м |
| 3 | 3000 | 132,8 | 24 | 2819,3 м |
| 4 | 4000 | 43,3 | 26 | 3399,5 м |
| 5 | 5000 | 77,7 | 28 | 4639,6 м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Влияет ли материал изоляции на результат?

2. Что необходимо сделать опрессовщику при ошибке в расчётах в большую сторону?

3. Что необходимо сделать опрессовщику при ошибке в расчётах в меньшую сторону?

4. Каким образом определяется смена цвета раскраски изоляции?

5. Как опытным путём определить массу материала, находящегося в головке и цилиндре экструдера?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 22.**

**Тема: Расчёт режимов охлаждения.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета оптимальной длины ванны охлаждения при различных видах наложения оболочек или изоляции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

При выходе из головки пресса изолированная жила или сердечник с оболочкой при температуре более 180 °С должны быть охлаждены до темпе­ратуры, при которой не произойдет их повреждения на тяговом и приёмном устройствах. Максимальная температура изделий, выходящих из ванны, не должна превышать 60-70 °С. Время или скорость охлаждения изоляции (обо­лочки) из кристаллизующихся полимеров влияет на величину кристалличес­кой фазы, надмолекулярную структуру и величину внутренних механических напряжений и, соответственно, возможность появления дефектов. Так при быстром охлажде­нии полиэтиленовой изоляции холодной водой (20-15 °С) её поверхность затвердевает и принимает определенные радиальные размеры. В то же вре­мя внутренние слои её находятся в расплавленном состоянии. При даль­нейшем охлаждении они меняют свои радиальные размеры. В связи с фикси­рованным положением внешних и усадке внутренних слоев могут образо­ваться микро- и макрополости в толщине изоляции и чем больше толщина изоляции, тем больше дефектов возникает при охлаждении. В этой связи изделия с изоляцией кристаллизующихся полимеров должны охлаждаться постепенно – ступенчато, в воде с изменяющейся температурой или в не­которых случаях на воздухе. Так при резком охлаждении фторполимера ПВДФ кристалличность составляет 35-45 %, а при медленном – 60-65 %. В этой связи скорость экструзии будет определяться не только производи­тельностью экструдера, но и скоростью охлаждения (временем и длиной охлаждаемой ванны).

Изделия с ПВХ-пластикатом, имеющим кристалличность не выше 14-16 %, охлаждают проточной водой при температуре 20-15 0С. Изделия с ПЭ изоляцией (оболочкой) охлаждают в ваннах, имеющих 3-4 секции, темпера­тура воды в которых изменяется соответственно 90-95,50-65, 30-50, 20 °С. При таком же режиме в ваннах или на воздухе охлаждаются изделия с фторполимерными покрытиями.

Изолированные жилы после охлаждения подвергаются подсушке, путем обдува воздухом при давлении 0,3-0,5 МПа, а для пористой полиэтилено­вой изоляции эта операция является обязательной.

Для оценки времени охлаждения или длины охлаждающей ванны можно использовать методику, в которой делаются следующие допущения:

а) теплоотвод происходит только с поверхности изделия за счет конвекции;

б) оксиальная теплопередача в изделии отсутствует.

Длина ванны охлаждения вычисляется по формуле:

, где



– теплоемкость жилы, ;



– теплоемкость изоляции, ;



– расход материала жилы, кг/м;



– расход материала изоляции, кг/м;



– скорость изолирования, м/с;



tнач – температура изделия на входе, °С;

tв – средняя температура охлаждающей воды, °С;

α – коэффициент теплоотдачи среды;

– диаметр изолированной жилы, мм;



Т – средний перепад температур, ºС.

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. На экструзионной линии производится наложение ПВХ изоляции на медную токопроводящую жилу. Диаметр изолированной жилы – 4,5 мм. Расход изоляции – 0,012 кг/м. Расход металла – 0,022 кг/м. Скорость линии – 5 м/с. Разница температур – 110 ºС. Коэффициент теплоотдачи принять равным 3078, средний перепад температур принять равным 70 ºС.

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

3. Определить длину ванны охлаждения..

**Решение:**

Принимаем теплоёмкость материала изоляции равную 3750 Дж·кг/ºС.

Принимаем теплоёмкость материала жилы равную 380 Дж·кг/ºС.

Принимаем диаметр изолированной жилы – 4,5·10-3 м.

Определяем длину ванны охлаждения по формуле:





*l* = 7,091 м.

Округляем значение вниз до 7,1 метра.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания решить поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

# На экструзионной линии производится наложение ПВХ изоляции на медную токопроводящую жилу. Диаметр изолированной жилы – А. Расход изоляции – В. Расход металла – С. Скорость линии – D. Определить длину ванны охлаждения, принимая разницу температур равную 110 ºС, коэффициент теплоотдачи равным 3078, средний перепад температур равным 70 ºС. Значения теплоёмкостей материалов принять из методических рекомендаций.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | D | Ответ |
| 1 | 4,7 мм | 0,028 кг/м | 0,301 кг/м | 4 м/с | 30,3 м |
| 2 | 5,2 мм | 0,078 кг/м | 0,402 кг/м | 5 м/с | 69,6 м |
| 3 | 6,3 мм | 0,012 кг/м | 0,503 кг/м | 6 м/с | 36,5 м |
| 4 | 7,5 мм | 0,089 кг/м | 0,604 кг/м | 7 м/с | 85,4 м |
| 5 | 8,2 мм | 0,012 кг/м | 0,705 кг/м | 8 м/с | 49,6 м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Влияет ли материал экструдата на результат?

2. Какими способами уменьшить длину ванны охлаждения?

3. Для чего необходимо ступенчатое охлаждение?

4. Для чего необходима осушка сжатым воздухом?

5. Меняется ли методика расчёта при изменении способа наложения экструдата?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 23.**

**Тема: Расчёт скоростных режимов.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета линейной скорости экструзионной линии при различных видах наложения оболочек или изоляции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Экструзия – метод непрерывного придания полимерному материалу необходимой формы путем выдавливания его в вязкотекучем состоянии через формующий инструмент с последующим охлаждением.

Этот метод состоит в том, что термопластичный материал (полимер) в твердом состоянии загружается в цилиндр и с помощью червяка перемещается к головке пресса. При движении материал за счет тепла, поступающего от поверхности цилиндра и тепла, возникающего при превращении механической энергии в тепловую, расплавляется и гомогенизируется, виде вязкой жидкости расплав подается в головку.

Линейная скорость экструдирования определяется по формуле:

, где

– производительность экструдера, кг/ч;



 – расход экструдата на 1 км изоляции или оболочки, кг/км;

1000 – переводной коэффициент;

60 – переводной коэффициент.

Производительность экструдера – величина индивидуальная для каждого экструдера.

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. На экструзионной линии производится опрессовка заготовки ПВХ-пластикатом. Расход экструдата на 1 км заготовки – 45,4 кг. Производительность экструдера – 90 кг/ч.

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

3. Определить линейную скорость экструдирования.

**Решение:**

Определяем линейную скорость экструдирования по формуле:

 м/мин.

Округляем значение вниз до 33 м/мин.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания решить поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

На экструзионной линии производится опрессовка заготовки ПВХ-пластикатом. Расход экструдата на 1 км заготовки – А. Производительность экструдера – В. Определить линейную скорость экструдирования.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 94,5 кг/км | 90 кг/ч | 15 м/мин |
| 2 | 88,8 кг/км | 110 кг/ч | 20 м/мин |
| 3 | 79,6 кг/км | 130 кг/ч | 27 м/мин |
| 4 | 73,2 кг/км | 150 кг/ч | 34 м/мин |
| 5 | 64,6 кг/км | 180 кг/ч | 46 м/мин |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Влияет ли материал экструдата на результат?

2. Какими параметрами регулируется толщина наложения слоя экструдата?

3. Как влияет на линейную скорость производительность экструдера?

4. Для чего необходимо округление значений в меньшую сторону?

5. Меняется ли методика расчёта при изменении способа наложения экструдата?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 24.**

**Тема: Расчёт процесса сушки бумажной изоляции.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета оптимального времени сушки бумаги при изготовлении бумажной изоляции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Кабельная бумага изготавливается из сульфатной целлюлозы высокого качества с применением деионизированной воды. Бумажное волокно постро­ено из фабрилл (скоплений мицелл) ориентированных вдоль её оси, имеют форму трубки длиной 0,1-3,0 мм, с толщиной стенки 0,01-0,04 мм и диа­метром канала 10-5 -10-6 см. Такое волокно обладает большой порис­тостью: субмикроскопической – зазоры между мицеллами 10-6, микроскопи­ческой – каналы каналы фибрилл и зазоры между ними, каналы волокон.

В бумаге появляется макроскопическая пористость, вызванная зазо­рами между волокнами. Таким образом, объём пор в сухой бумаге достигает 30-50 % и бумага относится к коллоидным капиллярно-пористым телам. На­личие в молекуле целлюлозы гидроксильных групп придает бумаге высокую гигроскопичность.

В этой связи в зависимости от относительной влажности среды бу­мага поглощает некоторое количество влаги (W = 7÷12), которое существенно влияет на ее электрические и механические свойства. Влия­ние влаги на механические свойства учитываются при выборе режимов изо­лирования.Степень влияния влаги на электрические характе­ристики не одинакова. Для обеспечения необходимых электрических харак­теристик и долговечности изоляции низко- и высоковольтных кабелей со­держание влаги в бумаге не должно превышать определенного уровня. При содержании влаги 0,1-0,3 % и ниже tg  изменяется незначитель­но.

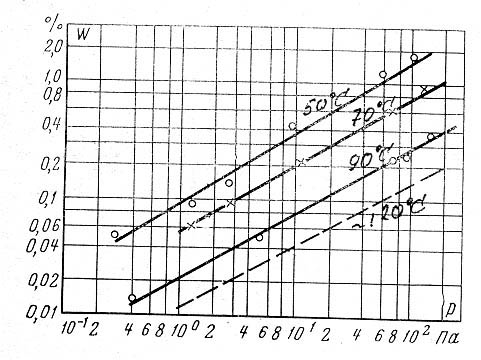


Для низковольтных кабелей допустимая остаточная влаж­ность изоляции принята равной 0,3-0,4 %, для высоковольтных кабелей Wост = 0,05-0,07 %.

При удалении избыточ­ной влаги затрачивается некоторая энергия, величина которой определяется связью молекул воды с телом.

Испарение (сушка) прекращается в тот момент, когда Р = Р0, т. е. когда давление насыщения паров у поверхности тела будет равным парциальному давлению пара среды. Парциальное давление насыщенных паров при 25 ºС для поверхности воды равно 3,17·103 Па. Те­ло нагретое до 100-120 ºС будет отдавать влагу до тех пор, пока давле­ние пара над телом при 100-120 ºС не снизится до 3,17·103 Па. В работах установлено, что при сушке при атмосферном давлении влагосодержание бумаги может снизится до 1,5-2 %.

Для продолжения сушки необходимо снизить Р0, т. е. сушку следует продолжать под вакуумом. Величина остаточного давле­ния, при которой достигается тре­буемое влагосодержание может быть найдена по изотермам, изображённым на рисунке.



**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Производится сушка бумажной изоляции при 50 ºС. Требуемое остаточное содержание влаги – 0,1 %.

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

3. Определить величину остаточного давле­ния, при которой достигается тре­буемое влагосодержание.

**Решение:**

1) Определяем необходимую изотерму, соответствующую температуре сушки.

2) Проводим горизонталь на уровне требуемого влагосодержания до пересечения с изотермой.

3) Определяем величину остаточного давле­ния, при которой достигается тре­буемое влагосодержание.

Остаточное давление – 12 Па.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания решить поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

# Производится сушка бумажной изоляции при температуре А. Требуемое остаточное содержание влаги – В. Определить величину остаточного давления, при которой достигается требуемое влагосодержание.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 70 ºС | 1,0 % | 180 Па |
| 2 | 70 ºС | 0,8 % | 120 Па |
| 3 | 90 ºС | 0,4 % | 200 Па |
| 4 | 90 ºС | 0,2 % | 60 Па |
| 5 | 120 ºС | 0,1 % | 60 Па |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Как влияет температура на остаточное влагосодержание?

2. Как влияет давление на остаточное влагосодержание?

3. Влияние остаточного влагосодержания на электрические свойства изоляции?

4. Какая допустимая влажность изоляции?

5. Что такое изотерма?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 25.**

**Тема: Расчёт процесса пропитки бумажной изоляции.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета оптимального времени пропитки бумаги при изготовлении бумажной изоляции.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Процесс пропитки изоляции силовых кабелей является одним из важнейших технологических процессов, определяющих срок службы изделий. Благодаря пропитке, электрическая прочность бумажной изоляции увеличивается с 3-4 кВ/мм до 40-80 кВ/мм.

Пропитка предусматривает полное заполнение пропиточным составом пустот не только в изоляции, но и в многопроволочной жиле, с целью ликвидации частичных разрядов.

Для кабеля с многопроволочной жилой процесс пропитки заканчивается после заполнения пустот в жиле.

Весь процесс пропитки можно разделить на два этапа:

1. Проникновение состава в предварительно высушенную и вакуумированную изоляцию.

2. Заполнение пустот в жиле.

Между этими этапами имеется определенное различие. Во время проникновения пропиточного состава в изоляцию имеет место неустановившийся режим, при котором меняется давление, приложенное к отдельным слоям изоляции и сопротивление оказываемое бумагой составу.

Время пропитки рассчитывается по формуле:

, где

δиз – толщина одной ленты бумажной изоляции, мм;

N – количество слоёв изоляции;

к – технологический коэффициент, учитывающий неравномерность пропитки, выход пузырьков воздуха и т. д.;

v – скорость пропитки, мм/мин.

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Производится пропитка четырёхслойной бумажной изоляции при толщине ленты 0,2 мм. Скорость пропитки – 0,05 мм/мин. Технологический коэффициент – 1,25.

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

3. Определить время пропитки бумажной изоляции.

**Решение:**

Определяем время пропитки по формуле:

минут.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания решить поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Производится пропитка А-слойной бумажной изоляции при толщине ленты В. Скорость пропитки – С. Технологический коэффициент принять за 1,27. Определить время пропитки бумажной изоляции.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 4 | 0,10 мм | 0,06 мм/мин | 8,5 мин. |
| 2 | 6 | 0,12 мм | 0,04 мм/мин | 22,9 мин. |
| 3 | 8 | 0,14 мм | 0,07 мм/мин | 20,3 мин. |
| 4 | 10 | 0,16 мм | 0,03 мм/мин | 67,7 мин. |
| 5 | 12 | 0,18 мм | 0,08 мм/мин | 34,3 мин. |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Как влияет температура на скорость пропитки?

2. На какие этапы разделён процесс пропитки?

3. Для чего необходима пропитка в изоляции?

4. Для чего необходима пропитка в жиле?

5. Что необходимо предпринять для увеличения скорости пропитки?

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 26.**

**Тема: Расчёт параметров технологического инструмента при наложении свинцовых оболочек.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета технологического инструмента (дорн, матрица) в головке пресса при наложении оболочек из свинца.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# Свинец, как материал для оболочек кабельных изделий применяется уже более 150 лет (с 1860-х годов) и являлся основным материалом до 50-х годов прошлого столетия. Он имеет высокую плотность 11,3 т/м3 и температуру плавления 327 °С, низкую прочность и высокую пластичность и поэтому легко выпрессовывается в виде оболочки при невысоких температурах (110-220 °С). Оболочки легко паяются, и это позволяет надежно соединять различные строительные длины кабелей и «залечивать» дефекты.

# Свинцовые оболочки имеют высокую коррозионную стойкость, и поэтому кабели с этими оболочками используются для прокладки на химических предприятиях, а без защитных покровов – для прокладки внутри зданий, туннелей и т. д.

# К существенным недостаткам оболочек можно отнести низкие вибростойкость и сопротивление текучести и ползучести.

# Свинцовые оболочки изготавливаются методом горячего прессования на свинцовых прессах, входящих в состав прессовых установок.

# По принципу действия и типу привода прессы можно разделить на:

# - прессы периодического действия (ППД) с гидравлическим приводом;

# - прессы непрерывного действия (ПНД):

# а) с механическим приводом,

# б) с гидравлическим приводом.

Величина толщины оболочки должна соответствовать ГОСТ или ТУ на кабельное изделие и при прессовании обеспечивается:

а) размером формующего инструмента;

б) расстоянием между дорном и матрицей.

Формующий инструмент для силовых кабелей – дорн и матрица – в зависимости от диаметра сердечника имеют следующую конструкцию (рисунок) и размеры:

Dд = dс + a;

Dм = Dд + (2,0…2,1)·δоб, где

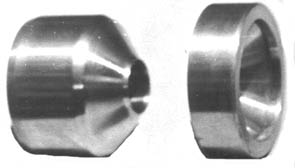
Dд – внутренний диаметр дорна;

dс – диаметр сердечника кабеля;

a – зазор между сердечником кабеля и дорном;

Dм – внутренний диаметр матрицы;

δоб – номинальная толщина оболочки.



Диаметр сердечника dс влияет на величину зазора «а» в следующей зависимости (таблица).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| dс, мм | < 15 | 15…30 | 30…40 | 40…50 | > 50 |
| a, мм | 1,0…1,5 | 1,5…2,0 | 2,0…2,5 | 2,5…3,0 | 2,5…3,5 |

Оболочка на силовые кабели накладывается с обжатием, которое воз­растает с увеличением номинального напряжения Uн кабеля.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется сердечник силового кабеля диаметром 12,3 мм. На него накладывается свинцовая оболочка номинальной толщиной 1,8 мм.

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

3. Рассчитать внутренние диаметры формирующего инструмента.

**Решение:**

Согласно таблице 1 выбираем зазор «а» между сердечником кабеля и оболочкой. При dс = 12,3 мм зазор «а» должен быть в диапазоне 1,0…1,5 мм. Принимаем а = 1,2 мм.

Рассчитываем внутренний диаметр дорна по формуле:

Dд = dс + a. Отсюда:

Dд = 12,3 + 1,2 = 13,5 мм.

Рассчитываем внутренний диаметр матрицы по формуле:

Dм = Dд + (2,0…2,1)·δоб. Отсюда:

Dм = 13,5 + (2,0…2,1)·1,8 = 13,5 + (3,6…3,78) = 17,1…17,28 мм. Принимаем Dм = 17,2 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией 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 сердечник силового кабеля диаметром А. На него накладывается свинцовая оболочка номинальной толщиной В. Рассчитать внутренние диаметры формирующего инструмента.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Приближённый ответ |
| 1 | 16 мм | 2,2 мм | 17,7 мм; 22,2 мм |
| 2 | 26 мм | 2,6 мм | 27,9 мм; 33,2 мм |
| 3 | 36 мм | 3,2 мм | 38,4 мм; 45,0 мм |
| 4 | 46 мм | 3,5 мм | 48,8 мм; 56,0 мм |
| 5 | 56 мм | 3,8 мм | 59,2 мм; 67,1 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. На каком оборудовании производится наложение свинцовых оболочек?

2. Какие преимущества свинцовых оболочек?

3. Какие недостатки свинцовых оболочек?

4. Каким способом накладываются свинцовые оболочки?

5. Какая область применения кабелей со свинцовыми оболочками?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 27.**

**Тема: Расчёт параметров технологического инструмента при наложении алюминиевых оболочек.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета технологического инструмента (дорн, матрица) в головке пресса при наложении оболочек из алюминия.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

В кабельной промышленности для наложения алюминиевых оболочек используются следующие методы.

- горячее прессование из алюминиевых слитков на алюминиевых прессах;

- холодное прессование;

- сварки:

а) высокочастотная сварка из алюминиевых лент;

б) аргонно-дуговая сварка из лент.

В настоящее время на практике для изготовления оболочек используются первый и третий методы. Второй метод морально устарел.

Горячее прессование алюминиевых оболочек производится из алюминиевых слитков и связано это с тем, что:

а) температура плавления алюминия 658 °С и при таких температурах происходит термодеструкция изоляции;

б) жидкий алюминий активно взаимодействует со сталью и затрудняется выдавливание алюминия из контейнера;

в) тонкая пленка окисла алюминия при больших давлениях разрушается и не препятствует сварке.

Горячее прессование стало возможным благодаря применению алюминия высокой чистоты и прессов, развивающих высокие давления, которые достаточны для прессования алюминия, не разогретого до пластического состояния.

В отличие от свинца алюминий имеет высокое сопротивление деформации, так σв = 20 МПа, поэтому прессование ведут при высоких температурах. Прессование ведут на прессах периодического действия с гидроприводом, которые выполняются по различным схемам и имеют различные конструкции.

При прессовании алюминиевых оболочек выбирают не только размеры дорна, матрицы, но и шпица, и дюзы.

Диаметр матрицы считают по формуле:

Dм = Dc + 2·δоб ± ψ + К, где

Dc – диаметр сердечника по изоляции, мм;

δоб – радиальная толщина оболочки, мм;

ψ – зазор (обжатие) между сердечником и оболочкой (ψ ~ 0…0,2 мм);

К – коэффициент, характеризующий усадку оболочки, мм.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Dc, мм | ≤ 15 | 16…20 | 21…30 | 31…45 | > 45 |
| К, мм | 2,3…2,5 | 2,8 | 3,3 | 3,5 | 3,8 |

Диаметр дорна считают по формуле:

Dд = Dм - 2·δоб, где

δоб – номинальная толщина оболочки.

Толщину оболочки проверяют при выпрессовании 5-6 м алюминиевой трубки и регулируют смещением дорна и матрицы друг относительно друга.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется сердечник силового кабеля диаметром 12,3 мм. На него накладывается алюминиевая оболочка номинальной толщиной 1,8 мм.

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

3. Рассчитать внутренние диаметры формирующего инструмента, если оболочка накладывается с зазором.

**Решение:**

Согласно таблице 1 выбираем коэффициент К усадки оболочки. При dс = 12,3 мм коэффициент К должен быть в диапазоне 2,3…2,5 мм. Принимаем К = 2,4 мм.

Рассчитываем внутренний диаметр матрицы по формуле:

Dм = Dc + 2·δоб + ψ + К. Отсюда:

Dм = 12,3 + 2·1,8 + 0,1 + 2,4 = 18,4 мм.

Рассчитываем внутренний диаметр дорна по формуле:

Dд = Dм - 2·δоб. Отсюда:

Dд = 18,4 - 2·1,8 = 14,8 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией 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 сердечник силового кабеля диаметром А. На него накладывается алюминиевая оболочка номинальной толщиной В. Рассчитать внутренние диаметры формирующего инструмента, если оболочка накладывается с обжатием.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 16 мм | 2,2 мм | 18,7 мм; 23,1 мм |
| 2 | 26 мм | 2,6 мм | 29,2 мм; 34,4 мм |
| 3 | 36 мм | 3,2 мм | 39,4 мм; 45,8 мм |
| 4 | 46 мм | 3,5 мм | 49,7 мм; 56,7 мм |
| 5 | 56 мм | 3,8 мм | 59,7 мм; 67,3 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. На каком оборудовании производится наложение алюминиевых оболочек?

2. Какие преимущества алюминиевых оболочек?

3. Какие недостатки алюминиевых оболочек?

4. Каким способом накладываются алюминиевые оболочки?

5. Какая область применения кабелей с алюминиевыми оболочками?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 28.**

**Тема: Расчёт параметров технологического инструмента при наложении резиновых и пластмассовых оболочек.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета технологического инструмента (дорн, матрица) в экструзионной головке при наложении полимерных оболочек.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

# ПВХ-пластикаты до настоящего времени являются основными изоляционными и защитными материалами, применяемыми в производстве кабелей и проводов. Они представляют собой композицию поливинилхлорида и ряда добавок, в число которых входят пластификаторы, стабилизаторы, смазывающие вещества, пигменты и наполнители. При добавлении к ПВХ различных ингредиентов его физико-механические свойства и способность к переработке заметно улучшаются, в частности улучшается эластичность материала, повышаются его нагревостойкость и долговечность.

# Форма и радиальные размеры изделия обеспечиваются формующим инструментом – дорном и матрицей. Форма последних связана со способом прессования. Существуют два способа прессования:

# - с обжатием,

# - без обжатия (трубкой).

# Прессование без обжатия применяется при изолировании проводов низкого напряжения, изделий повышенной гибкости, при наложении кабельных оболочек или применении материалов, требующих ориентации (вытяжки) – полиамиды, некоторые фторполимеры, а также при наложении изоляции на секторные и сегментные жилы с обязательным вакуумированием дорна. При этом способе получаются покрытия со стабильной толщиной по длине изделия.

# При выборе инструментов можно использовать рекомендации ОСТПП, типового технологического процесса, в соответствии с таблицами.

# *Основные размеры дорнов.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Способ наложения оболочки | Dс, мм | Основные размеры | |
| Dд, мм | Dдн, мм |
|
| без обжатия | до 10 | Dc + 0,8 | Dд + 1,5 |
| 10…20 | Dc + 1,0 | Dд + 2,5 |
| > 20 | Dc + 1,5 | Dд + 3,0 |
| с обжатием | до 10 | Dc + 0,8 | Dд + 0,8 |
| 10…20 | Dc + 1,0 | Dд + 1,0 |
| > 20 | Dc + 0,5 | Dд + 1,5 |

# *Основные размеры матриц.*

|  |  |
| --- | --- |
| Способ наложения оболочки | Основные размеры |
| Dм, мм |
|
|
| без обжатия | Dдн+ (2…2,2)·δоб |
| с обжатием | Dдн +2·δоб |

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется сердечник силового кабеля диаметром 12,3 мм. На него накладывается с обжатием пластмассовая оболочка номинальной толщиной 1,8 мм.

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

3. Рассчитать диаметры формирующего инструмента.

**Решение:**

Согласно таблицам выбираем внутренний диаметр дорна Dд. При Dс = 12,3 мм и способом наложения оболочки с обжатием внутренний диаметр дорна должен быть 12,3 + 1,0 = 13,3 мм.

Согласно таблицам выбираем наружный диаметр дорна Dдн. При Dс = 12,3 мм и способом наложения оболочки с обжатием наружный диаметр дорна должен быть 13,3 + 1,0 = 14,3 мм.

Рассчитываем внутренний диаметр матрицы по формуле:

Dм = Dдн +2·δоб. Отсюда:

Dм = 14,3 +2·1,8 = 17,9 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией 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 сердечник силового кабеля диаметром А. На него накладывается без обжатия пластмассовая оболочка номинальной толщиной В. Рассчитать диаметры формирующего инструмента.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Приближённый ответ |
| 1 | 16 мм | 2,2 мм | 17 мм; 19,5 мм; 24,1 мм |
| 2 | 26 мм | 2,6 мм | 27,5 мм; 30,5 мм; 36,0 мм |
| 3 | 36 мм | 3,2 мм | 37,5 мм; 40,5 мм; 47,2 мм |
| 4 | 46 мм | 3,5 мм | 47,5 мм; 50,5 мм; 57,9 мм |
| 5 | 56 мм | 3,8 мм | 57,5 мм; 60,5 мм; 68,5 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. На каком оборудовании производится наложение пластмассовых оболочек?

2. Какие преимущества пластмассовых оболочек?

3. Какие недостатки пластмассовых оболочек?

4. Каким способом накладываются пластмассовые оболочки?

5. Какая область применения кабелей с пластмассовыми оболочками?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 29.**

**Тема: Расчёт параметров технологического инструмента при наложении ленточных и проволочных бронепокровов.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета технологического инструмента (калибры) в обмоточной головке при наложении бронепокровов.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Ленты кабельной бумаги, полимерных пленок, кабельная пряжа и лен­ты брони накладываются на кабель методом обмотки. Операцией определя­ющей режим наложения защитных покровов является наложение ленточной брони. Бронеленты накладываются в 2 слоя с 50 % перекрытием слоев.

e

h

D

п



л

в

а



К основные технологическим параметрам относятся:

а – аксиальный зазор;

h – шаг бронирования;

Dп – диаметр по по­душке (мм);

л – толщина ленты;

b1, b2 – ширина лент первого и второго слоев;

1, 2 – угол бронирования и подъёма ленты первого и второго слоев соответственно.

# При бронировании необходима установка двух стабилизирующих калибров. Диаметр калибров рассчитывается в соответствии с таблицей.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Диаметр сердечника Dс, мм | Диаметр отверстия калибра до бронировки, мм | Диаметр отверстия калибра после бронировки, мм |
| до 10 | Dс + 0,5 | Dс + N·δл+ 0,5 |
| 10…20 | Dс + 0,8 | Dс + N·δл+ 0,8 |
| 20…30 | Dс + 1,0 | Dс + N·δл+ 1,0 |
| 30…40 | Dс + 1,2 | Dс + N·δл+ 1,2 |
| 40…50 | Dс + 1,5 | Dс + N·δл+ 1,5 |
| > 50 | Dс + 2,0 | Dс + N·δл+ 2,0 |

# 

# В таблице применены следующие обозначения:

# Dс – диаметр сердечника до бронирования, мм;

# N – количество слоёв бронелент в сердечнике;

# δл – толщина ленты брони, мм.

# 2 Пример выполнения задания.

***Задача:***

1 Имеется сердечник силового кабеля диаметром 12,3 мм. На него накладывается стальная ленточная броня двумя лентами толщиной 0,3 мм.

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

3. Рассчитать диаметры стабилизирующих калибров.

**Решение:**

При данном способе обмотке в заготовке будет четыре слоя бронелент.

Согласно таблицам выбираем внутренний диаметр калибра до бронирования.

При Dс = 12,3 мм его диаметр должен быть 12,3 + 0,8 = 13,1 мм.

Согласно таблицам выбираем внутренний диаметр калибра после бронирования.

При Dс = 12,3 мм его диаметр должен быть:

12,3 + 4·0,3 + 0,8 = 14,3 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с конструкцией 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 сердечник силового кабеля диаметром А. На него накладывается стальная ленточная броня двумя лентами толщиной В мм. Рассчитать диаметры стабилизирующих калибров.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 16 мм | 0,3 мм | 16,8 мм; 18 мм |
| 2 | 26 мм | 0,3 мм | 27 мм; 28,2 мм |
| 3 | 36 мм | 0,3 мм | 37,2 мм; 38,4 мм |
| 4 | 46 мм | 0,5 мм | 47,5 мм; 49,5 мм |
| 5 | 56 мм | 0,5 мм | 58 мм; 60 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. Про защитный покров какого типа идёт речь в задаче?

2. От чего зависит толщина лент брони?

3. Каким способом накладывается данная броня?

4. Для чего необходимы калибры?

5. На каком обмотчике можно наложить броню данного типа?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 30.**

**Тема: Расчёт входной угловой апертуры световода.**

**Цель работы**: освоить приёмы расчёта угловой апертуры световода оптического кабеля.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Важной характеристикой световода является числовая апертура (Numerical Aperture), которая представляет собой синус от апертурного угла. Апертурный угол – это угол между оптической осью и одной из образующих светового конуса, воздействующего на торец световода.

В лучевой (геометрической) оптике луч можно рассматривать как световой пучок, который распространяется в воздухе и попадает в сердцевину (перпендикулярно разрезу) волокна со ступенчатым профилем показателя преломления с большой площадью поперечной моды.

Числовая апертура NA (Numerical Aperture) волокна – это синус максимального угла падения луча по отношению к оси волокна, при котором свет входит в сердцевину и далее распространяется по волокну. NA определяется как разница показателей преломления сердцевины и оболочки, которое может быть определено также из условия, что луч вводится в волокно под углом полного внутреннего отражения.

, где

Δ – относительная разность показателей преломления;

n1 – показатель преломления сердечника;

n2 – показатель преломления оболочки.

Относительная разность показателей преломления Δ определяется по формуле:



От значения NA зависят эффективность ввода излучения лазера в световод, потери на микроизгибах, дисперсия импульсов, число распространяющихся мод.

Для описания распространения света в волокнах с малой площадью сердцевины (например, для одномодового волокна) необходимо рассматривать волновую природу света. Геометрическая оптика не может быть использована для описания распространения света в таких волокнах. Однако приведенное выше уравнение все еще может быть использовано для расчета NA через показатели преломления. Сложнее расчет NA для непрямоугольного (неступенчатого) профиля показателя преломления.

Высокой числовой апертуре соответствует большая расходимость пучка на выходе из оптического волокна, но также эта расходимость излучения зависит от диаметра сердцевины. Для волокон с профилем показателя преломления, отличным от ступенчатого (то есть в таких, где сердцевина не имеет постоянного показателя преломления), эффективная числовая апертура может быть определена на основе эквивалентного ступенчатого профиля показателя преломления. Иначе, NA можно вычислить, зная максимальный показатель преломления в сердцевине.

Для одномодового волокна NA, как правило, порядка 0,1, но может варьироваться примерно от 0,05 до 0,4. Многомодовые волокна обычно имеют более высокую числовую апертуру, например, 0,3. Очень высокие значения возможны для фотоннокристаллических волокон.

Для волокон с большой NA:

- Для заданной площади моды, волокна с более высокой NA лучше проводят свет, т. к. они в целом поддерживают большее число мод.

- В одномодовых волокнах меньше диаметр сердцевины волокна. Соответствующая площадь моды меньше, а расхождение пучка на выходе из волокна больше. Нелинейные свойства волокна, соответственно, больше. С другой стороны, одномодовые волокна с большой площадью моды должны иметь низкую NA.

- Уменьшаются потери на изгибах волокна; волокно может быть более сильно согнуто прежде, чем потери изгиба становятся существенными.

- Уменьшается чувствительность свойств волокна к случайным колебаниям показателя преломления (для волокон с большой площадью моды с низкой NA это может быть проблемой).

- Более высокая концентрация примеси (например германия), как требуется для создания большой разницы показателей преломления, может увеличить потери за счет рассеяния.

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Имеется оптическое волокно с показателем преломления сердечника 1,449 и показателем преломления оболочки 1,446.

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

3. Определить числовую апертуру NA данного световода.

**Решение:**

Определяем числовую апертуру NA световода по формуле:

.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания ответить на поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется оптическое волокно с показателем преломления сердечника А и показателем преломления оболочки В.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 1,478 | 1,451 | 0,281 |
| 2 | 1,482 | 1,472 | 0,172 |
| 3 | 1,511 | 1,493 | 0,233 |
| 4 | 1,515 | 1,514 | 0,055 |
| 5 | 1,539 | 1,535 | 0,111 |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. В чём разница между одномодовыми и многомодовыми волокнами?

2. Что такое ступенчатый профиль показателя преломления?

3. Дайте определение числовой апертуре?

4. Для каких волокон характерны очень высокие значения числовой апертуры?

5. Преимущества волокон с высокими значениями числовой апертуры?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 31.**

**Тема: Расчёт коэффициента линейного теплового расширения световода.**

**Цель работы**: освоить приёмы расчёта коэффициента теплового расширения световода оптического кабеля.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

При изготовлении оптического модуля и его последующих испытаниях вне кабеля приращение длины оптического волокна составляет:

, где

Т0 – температура, при которой начальная избыточная длина условно равняется 0, ˚С;

Т – температура окружающей среды при испытаниях оптического волокна, ˚С;

αов – температурный коэффициент линейного расширения материала оптического волокна (для кварца αов = 5,8·10-7 ºС-1.

Таким образом, при нагревании оптическое волокно получит приращение:

ΔL = L0· αов, где

L0 – начальная длина оптического волокна.

Конечная длина оптического волокна составит:

L = ΔL + L0

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Имеется оптическое волокно начальной длиной 135 м при 20 ºС.

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

3. Определить конечную длину изделия при 40 ºС.

**Решение:**

Определяем приращение длины оптического волокна:



При нагревании оптическое волокно получит приращение:

ΔL = L0· αов = 135·1,16·10-5 = 0,001566 м.

Конечная длина оптического волокна составит:

L = ΔL + L0 = 0,001566 + 135 = 135,001566 м.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания ответить на поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется оптическое волокно начальной длиной А при температуре В. Определить конечную длину изделия при температуре С, если температурный коэффициент линейного расширения материала оптического волокна αов = 5,8•10-7 ºС-1.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 736 м | 10 ºС | 65 ºС | 736,023 м |
| 2 | 1122 м | 15 ºС | 70 ºС | 1122,036 м |
| 3 | 2546 м | 20 ºС | 75 ºС | 2546,081 м |
| 4 | 344 м | 25 ºС | 80 ºС | 344,011 м |
| 5 | 850 м | 30 ºС | 85 ºС | 850,027 м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Для чего необходимо учитывать температурное расширение оптического волокна?

2. Из какого материала изготавливают оптические волокна?

3. Как влияет материал волокна на температурное удлинение?

4. Для какой максимальной температуры необходимо производить расчёт температурного удлинения?

5. Преимущества волокон с низкими значениями температурного удлинения?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 32.**

**Тема: Определение коэффициента затухания световода.**

**Цель работы**: освоить приёмы расчёта коэффициента затухания в световоде оптического кабеля.

**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 затухание сигнала в оптическом волокне.

**Решение:**

# 500 м = 0,5 км;

# 1 мВт = 1·10-3 Вт;

# 0,9 мВт = 0,9·10-3 Вт.

# Определяем затухание сигнала 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 затухание сигнала 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?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 33.**

**Тема: Расчёт диаметра центрального силового элемента и окружности сердечника волоконно-оптического кабеля.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета диаметров центрального силового элемента и окружности сердечника в оптическом кабеле.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Сердечник повивной конструкции оптического кабеля должен содержать центральный силовой элемент и один, два или три повива, образованные методом правильной односторонней или разносторонней скрутки.

Конструкция центрального силового элемента (ЦСЭ) должна быть одного из следующих двух типов:

тип Д – круглый пруток из стеклопластика,

тип С – круглая стальная проволока или трос.

Поверх ЦСЭ может быть наложена полимерная оболочка с целью оптимального заполнения сечения кабеля.

Пример конструкции оптического кабеля изображён на рисунке:



*Алюмополимерная лента*

*Кордель*

*Гидрофобный заполнитель*

*Наружная оболочка*

*Центральный силовой элемент*

(стеклопластик или стальная проволока)

*Оптический модуль*

Расход материала центрального силового элемента рассчитывается по формуле:

, где:

– номинальный диаметр ЦСЭ, мм;



– плотность металла жилы, г/см3.



Отсюда диаметр центрального силового элемента:



**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Имеется оптический кабель. ЦСЭ выполнен из материала плотностью 2,1 г/см3. Расход материала ЦСЭ – 22,5 кг/км.

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

3. Определить диаметр центрального силового элемента.

**Решение:**

Определяем диаметр центрального силового элемента:

 мм.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания ответить на поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется оптический кабель. ЦСЭ выполнен из материала плотностью А. Расход материала ЦСЭ – В. Определить диаметр центрального силового элемента.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | Ответ |
| 1 | 2,2 г/см3 | 21,9 кг/км | 3,560 мм |
| 2 | 2,3 г/см3 | 20,6 кг/км | 3,377 мм |
| 3 | 2,4 г/см3 | 20,3 кг/км | 3,282 мм |
| 4 | 2,5 г/см3 | 19,9 кг/км | 3,184 мм |
| 5 | 2,6 г/см3 | 19,2 кг/км | 3,066 мм |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Из какого материала изготавливаются центральные силовые элементы?

2. Назовите ещё конструктивные элементы оптического кабеля?

3. Какие типы конструкций центрального силового элемента существуют?

4. Почему в центральном силовом элементе отсутствует укрутка?

5. Какую функцию несут центральные силовые элементы?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 34.**

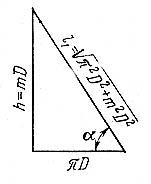
**Тема: Определение дополнительной длины оптического световода, обусловленной скруткой.**

**Цель работы**: приобрести навыки расчета дополнительной длины скрученных световодов в оптическом кабеле.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

Если виток любой из скрученных проволок развернуть на плоскости, то он изобразится в виде гипотенузы l1 прямоугольного треугольника с катетами h и D.



D – диаметр жилы;

h – шаг скрутки, h = ·D·tg.

На практике шаг скрутки h обычно выражается кратным диаметру скручиваемого повива или жилы (D), т. е.:

h = m·D, где

m – кратность шага скрутки. Отсюда:





Отношение L1/h называется коэффициен­том укрутки Ку:

.

Соответственно, увеличение длины скручиваемого элемента будет равно:

Lк = L0·Kу

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Имеется оптический кабель длиной 135 м с тремя оптическими волокнами, скрученными в пучок. Кратность скрутки пучка – 22.

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

3. Определить общую длину нескрученных оптических волокон.

**Решение:**

Определяем коэффициен­том укрутки:

.

Определяем длину одного нескрученного волокна:

Lк = 135·1,01=136,37 м.

Определяем длину всех нескрученных волокон:

ΣLк = 136,37·3 = 409,11 м.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания ответить на поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Имеется оптический кабель длиной А с оптическими волокнами количеством В, скрученными в пучок. Кратность скрутки пучка – С. Определить общую длину нескрученных оптических волокон.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | А | В | С | Ответ |
| 1 | 345 м | 4 | 30 | 1387,546 м |
| 2 | 456 м | 5 | 29 | 2293,34 м |
| 3 | 567 м | 6 | 28 | 3423,347 м |
| 4 | 678 м | 7 | 27 | 4778,019 м |
| 5 | 789 м | 8 | 26 | 6357,911 м |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Что измениться, если сердечник будет скручиваться повивом?

2. Для чего необходимо знать общую длину нескрученных оптических волокон в производстве?

3. Что такое кратность шага скрутки?

4. Что показывает на рисунке угол α?

5. Начертите схему развёртки витка для данного оптического волокна?

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 35.**

**Тема: Выбор конструкции волоконно-оптического кабеля в зависимости от условий эксплуатации и способа прокладки.**

**Цель работы**: научиться выбирать конструкцию волоконно-оптического кабеля в зависимости от внешних условий.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения.**

В настоящее время оптические кабели (ОК) применяются на всех сетях связи:

- международных;

- междугородных;

- городских;

- сельских;

- абонентских;

- локальных и т. п.

Поэтому его параметры передачи, надежности и стоимостные показатели должны соответствовать типу сети и применяемого оборудования систем передачи информации.

Так, например, на транспортных сетях (межстанционных), где передаются потоки информации между узлами связи (УС), важна большая широкополосность и надежность кабельной сети. А на сетях доступа, связанных с предоставлением информации абонентам (сети кабельного ТВ, оптический Ethernet, пассивные оптические сети (PON) и др.) важна экономичность, гибкость, малые габариты и вес, защита от случайных повреждений, простота инсталляции и другие факторы.

**1) Подземная прокладка.**

Для подземной прокладки кабелей (в грунт, в кабельной канализации) нужно использовать конструкции с броней из стальной гофрированной ленты. Это позволит защитить их от атак грызунов и случайных механических повреждений при прокладке и эксплуатации. К таким конструкциям относятся кабели UT или LT типов -02, -03, -04.

1.1) Модульной конструкции (LT):

Кабель типа LT-02 – относительно недорогой, но обладающий неплохими механическими характеристиками. Достаточно популярная конструкция для подземных кабельных магистралей. Он оптимален для прокладки в кабельной канализации, но наличие гофрированной стальной брони позволяет прокладывать его и в грунт, особенно в пластиковых защитных трубках, а также крепить к наружным стенам зданий и сооружений. Удобен при прокладке и разделке. Число волокон достигает 312.

Кабель типа LT-03 несколько более дорогой, чем другие подобные конструкции, но механически наиболее прочен за счет дополнительной внутренней оболочки. Наиболее удачен для прокладки в грунт, но вполне пригоден и для прокладки в кабельной канализации, а также по наружным стенам зданий и сооружений. Число волокон – до 144.

Кабель типа LT-04 является самым экономичным за счет меньшего диаметра оптических модулей, центрального силового элемента и толщины оболочки. Тем не менее, он обладает неплохими механическими характеристиками, позволяющими прокладывать его в кабельной канализации. В принципе, возможна и прокладка в грунт, особенно в пластиковых защитных трубках, а также по наружным стенам зданий и сооружений. Удобен при прокладке и разделке. Число волокон – до 312.

1.2) Трубчатой конструкции (UT):

Кабель типа UT-01 представляет собой облегченную конструкцию (без брони), которая удобна на небольших распределительных участках для прокладки в кабельной канализации, в грунт в пластиковых трубках, в местах, не зараженных грызунами, по стенам зданий сооружений. Число волокон – до 24.

Кабель типа UT-02 несколько дороже среди других в этой линейке, но механически наиболее прочный. Броня из стальных проволок надежно защищает от грызунов, поэтому такой кабель наиболее удобен для прокладки в грунт. В то же время, небольшие размеры защитной трубки и толщина оболочки делают его достаточно гибким и для прокладки в канализации. Число волокон – до 24.

Кабель типа UT-03 – недорогой, с неплохими механическими характеристиками, наиболее удачен для прокладки в кабельной канализации. Наличие гофрированной брони позволяет прокладывать его и непосредственно в грунт, особенно в пластиковых защитных трубках, а также по наружным стенам зданий и сооружений. Наиболее популярная конструкция среди малогабаритных распределительных кабелей. Число волокон – до 24.

Кабель типа UT-04 является самым экономичным за счет уменьшенных размеров модульной трубки и толщины оболочки. Однако он обладает неплохими механическими характеристиками и оптимален для прокладки в кабельной канализации, а наличие гофрированной брони позволяет прокладывать его и непосредственно в грунт, особенно в пластиковых защитных трубках, а также по наружным стенам зданий и сооружений. Число волокон– до 24.

**2) Подвеска на опорах.**

Для подвески на опорах (воздушных линий связи, контактной сети транспорта и др.) удобно использовать кабели со встроенным несущим тросом (типа «8», т. к. его поперечное сечение похоже на эту цифру). Несущий элемент в виде стальной проволоки или повива из скрученных стальных проволок принимает на себя всю механическую нагрузку (растягивающую, раздавливающую и т.д.) и позволяет легко крепить кабель с помощью специализированных зажимов. Цифру «8» используют для маркировки следующих кабелей FinMark: UT-08, -18, -28, -48 и LT-08, -18.

2.1) Модульной конструкции (LT):

Кабель типа LT-ADSS (полностью диэлектрический самонесущий кабель) имеет достаточно высокую стоимость, однако обладает наилучшей механической прочностью среди всех подвесных конструкций за счет использования мощного слоя арамидных нитей между внутренней и наружной оболочкой. В зависимости от необходимого растягивающего усилия и длины пролета при производстве подбираются необходимые размеры силовых элементов кабеля. При необходимости подвески на опорах контактной сети свыше 12 кВ в качестве наружной оболочки применяется специальная модификация полиэтилена, стойкая к трекингу (поверхностным разрядам). Такой ОК будет оптимален при подвеске с большими длинами пролетов (200 – 250 м и более). Число волокон – до 144.

Кабель типа LT-08 относительно не дорогой, но обладающий неплохими механическими характеристиками за счет брони из гофрированной стальной ленты. В кабеле используется несущий трос с диаметрами 3,6 мм, 4,2 мм или 5,1 мм для подвески на опорах с длиной пролета магистрального подвесного кабеля при средних и больших пролетах 100 м, 130 м или 170 м соответственно. Оптимальная конструкция, удобен при разделке и монтаже. Число волокон – до 144.

Кабель типа LT-18 – является самым экономичным за счет отсутствия брони. Тем не менее, он обладаетнеплохими механическими характеристиками, позволяющими подвешивать на опорах с длиной пролета 125 м, 150 м или 190 м при диаметрах несущего стального троса 3,6 мм, 4,2 мм или 5,1 мм соответственно. Используется на магистральных и распределительных участках со средними и большими длинами пролетов. Удобен при разделке и монтаже. Наиболее популярная конструкция среди модульных подвесных кабелей. Число волокон – до 144.

2.2) Трубчатой конструкции (UT):

Кабель типа UT-08 несколько дороже других в этой линейке, но механически наиболее защищенный. Броня из стальной гофрированной ленты надежно защищает от случайных ударов и повреждений грызунами при вводах в здания. В кабеле используется несущий трос с диаметрами 3,0 мм или 3,6 мм, что позволяет подвешивать его на опорах с длиной пролета 130 м или 150 м соответственно. Это хорошая конструкция для магистрального участка при больших длинах пролетов. Число волокон – до 24.

Кабель типа UT-18 – самая экономичная конструкция подвесного кабеля из-за отсутствия брони, других силовых элементов и малых габаритов. Несущим элементом является стальная проволока диаметром 1,6 мм, что позволяет подвешивать его на опорах с длиной пролета 65 – 85 м. Оптимальная конструкция для распределительных воздушных кабелей при малых длинах пролетов. Число волокон – до 12.

Кабель UT-28 – имеет механически более прочную конструкцию, чем предыдущий за счет слоя арамидных волокон между защитной трубкой и защитным покровом. В качестве несущего элемент а используется стальная проволока диаметром 1,6 мм или 1,8 мм, что позволяет подвешивать его на опорах с длиной пролета до 85 и до 100 м соответственно. Однако использование арамидных волокон несколько повышает стоимость конструкции. Такой ОК удачен для подвески на распределительном участке при пролетах средней длины. Число волокон – до 12.

Кабель типа UT-48 аналогичен конструкции UT-08, но не имеет брони. Следовательно, такой кабельдостаточно экономичен, хорошо защищен от растягивающих нагрузок, имеет небольшой вес и, соответственно, большие длины пролета. Он не содержит гофроброни для дополнительной защиты от повреждений грызунами при вводах в здания, т.к. обычно это не слишком актуально для подвесного кабеля. В кабеле используется несущий трос с диаметрами 3,0 мм или 3,6 мм, что позволяет подвешивать его на опорах с длиной пролета 140 м или 160 м соответственно. Это удачная экономичная конструкция для магистрального (или распределительного) участка при больших длинах пролетов. Число волокон – до 24.

**3) Прокладка внутри помещений.**

Малогабаритные трубчатые кабели типов UT-06, -11 могут использоваться при прокладке по чердакам, подвалам, вертикальным стоякам, а также могут использоваться при вводах в здания из кабельной канализации. Они имеют защиту от повреждений грызунами (гофрированная броня, стекловолоконная лента) и наружную оболочку из не поддерживающего горение пластиката (LSZH).

Внутри зданий, особенно в вертикальных и горизонтальных каналах, могут также прокладываться кабели типов MT и MB с волокнами в плотном буферном покрытии. Слой арамидных волокон увеличивает стойкость к растягивающим и ударным нагрузкам, а наружная оболочка выполнена из не поддерживающего горение пластиката (LSZH).

Кабели типа PS имеют одно или два волокна в плотном буферном покрытии, слой арамидных нитей и негорючую наружную оболочку. Они могут применяться для межблочных, межстоечных соединений, а также для изготовления в полевых условиях шнуров (патч-кордов, пигтейлов).

Абонентские одно- или двухволоконные кабели FTTH могут прокладываться как внутри зданий, квартир, так и подвешиваться на опорах в варианте «8» с самонесущим тросом. Они особенно удобны для коттеджной застройки и частного сектора.

3.1) Трубчатой конструкции (UT):

Кабель типа UT-06 – это малогабаритная конструкция распределительного кабеля повышенной надежности. Броня из стальной гофрированной ленты в сочетании с наружной оболочкой из не распространяющего горение пластиката (LSZH) позволяет успешно использовать его при переходе из кабельной канализации в здание и прокладки по внутренним каналам и стоякам. Кабель хорошо защищен от случайных механических воздействий, повреждений грызунами и не распространяет горение между помещениями. Однако, из-за отсутствия продольных силовых элементов кабель не очень стоек к растягивающим усилиям. ОК не слишком дорогой, т. к. применение некоторых дорогостоящих компонентов компенсируется его небольшими габаритами. Число волокон – до 24.

Кабель типа UT-11 похож на предыдущую конструкцию и также достаточно удобен на распределительных участках при вводах в здания и при прокладке по внутренним каналам и стоякам. Применениестекловолоконной ленты в качестве своеобразной брони (вместо гофрированной стальной ленты) снимает вопросы заземления металлических частей, но механическая прочность и защищенность от повреждений грызунами остаются на высоком уровне. Стоимость кабеля несколько выше предыдущей конструкции, но вполне приемлема для распределительных ОК. В качестве наружного покрова также используется негорючий пластикат LSZH. Число волокон – до 24.

3.2) Композитные (MT, MB, PS):

Кабель типа MT сделан максимально негорючим за счет плотного буферного покрытия волокон и негорючей внешней оболочкой из поливинилхлорида (PVC) или не поддерживающего горение пластиката (LSZH). Поэтому он с успехом может применяться при самых разнообразных условиях прокладки внутри помещений кроме участков с возможным проникновением влаги или грызунов. Сердечник кабеля заполнен арамидными нитями для обеспечения защиты от растягивающих и ударных воздействий. Такой ОК может применяться на распределительных внутридомовых участках оптических сетей доступа, на вертикальных и горизонтальных сегментах локальных сетей. Однако применяемые материалы не делают его достаточно экономичным. Число волокон – до 12.

Кабель MB представляет собой так называемую разделяемую (Breakout) конструкцию. Сердечник состоит из мощного стеклопластикового стержня в PVC оболочке (центрального силового элемента), вокруг которого свиты индивидуальные защитные трубки с волокнами в плотном защитном буфере. Каждая трубка содержит силовые элементы из арамидных волокон. Наружная оболочка выполняется из негорючих материалов (PVC или LSZH). Такой кабель удобен для прокладки на оконечных участках внутри помещений, где позволяет обойтись без разветвительной муфты или распределительного устройства, особенно при новом строительстве. В месте разветвления с кабеля удаляется оболочка, аотдельные волокна в защитных трубках (как бы миниатюрные кабели) разводятся до оконечных устройств. Однако экономия на монтаже требует применения более дорогостоящей конструкции кабеля. Число волокон – до 24.

Кабели PS обычно оконечиваются разъемными соединителями (коннекторами) и используются на последнем участке абонентской линии между распределительным боксом и оконечным устройством пользователя или как патч-корды – для коммутационных переключений в оптических кроссах. Они содержат одно (PS001) или два (дуплексный вариант PS002) волокна в плотном буферном покрытии. Повив из арамидных волокон под оболочкой обеспечивает их защиту от случайных механических повреждений. А в качестве наружного покрова обычно применяется поливинилхлорид, но возможен и негорючий пластикат LSZH. Несмотря на применение достаточно дорогостоящих материалов, суммарнаястоимость кабеля не слишком высока из-за его небольших размеров и, обычно, коротких длин.

**4) Специализированные абонентские кабели для сетей FTTH.**

4.1) Для прокладки (FTTHxxx-SM-02) и подвески (FTTHxxx-SM-18).

Кабели FTTH являются самыми малогабаритными, гибкими и удобными для установки конструкциями абонентских кабелей. В таких ОК практически нет сформированного сердечника, а волокна располагаются между двумя полосками не горючего пластика (LSZH) квадратного сечения. Защиту от механических нагрузок обеспечивают два стеклопластиковых стержня, встроенных в наружный покров. Конструкция получается очень легкой, гибкой (изгибается под прямым углом с радиусом 12-15 мм), малогабаритной (прокладывается в прямоугольных каналах шириной 8-10 мм) и удобной для прокладки – плоская поверхность позволяет легко крепить его к стенам, плинтусам, дверным стоякам и т. п. Причём разделка кабеля производится без специального инструмента, практически руками.

Кабели содержат одно (FTTH001) или два (FTTH002) оптических волокна с уменьшенными потерями на изгибах (типа G.657), что очень удобно именно при прокладке в тесных помещениях и коридорах. Несмотря на более высокую стоимость волокон, кабель в целом не дорогой, так как имеет малые размеры, небольшое количество разных элементов и, следовательно, не сложен в производстве.

Для прокладки внутри помещений используются кабели типа FTTH-01, а для подвески на опорах -08. В «восьмерке» предусмотрен несущий элемент из стальной проволоки, позволяющий подвешивать кабель при длине пролета до 70-80 м. При переходе на внутридомовые участки несущий тросик может быть просто отделен от кабеля, если он мешает. Подвесная конструкция очень удобна для разводки в коттеджных городках.

**2 Пример выполнения задания.**

***Задача:***

1. Необходимо выбрать оптический кабель для следующих условий:

- прокладка внутри помещений;

- композитный кабель.

2. Записываем данные по форме «Дано:».

**Решение:**

В соответствии с методическими указаниями для данных условий эксплуатации выбираем следующий кабель:

Кабель марки MB с разделяемой конструкцией. Состоит из:

- сердечника из стеклопластикового стержня в ПВХ оболочке, вокруг которого свиты индивидуальные защитные трубки с волокнами в плотном защитном буфере;

- наружной оболочки из негорючих материалов (ПВХ или LSZH).

- оптических волокон – до 24 шт.

***Ход работы:***

1. Ознакомиться с условием задачи и определиться с методикой её решения.

2. Используя методические указания ответить на поставленные задачи.

3. Оформить отчёт по соответствующей форме.

4. Ответить на контрольные вопросы.

# 3 Задание.

Необходимо выбрать оптический кабель для условий эксплуатации, указанных в столбце А таблицы.

***Варианты заданий:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | А | Ответ |
| 1 | Подвеска на опорах. Модульная конструкция | Развёрнутый ответ в соответствии с примером выполнения задания |
| 2 | Прокладка внутри помещений. Трубчатая конструкция |
| 3 | Подземная прокладка. Модульная конструкция |
| 4 | Подвеска на опорах. Трубчатая конструкция |
| 5 | Подземная прокладка. Трубчатая конструкция |

**4 Содержание отчёта.**

1. Название работы, цель, вариант задания.

2. Решение задачи.

3. Ответы на контрольные вопросы.

# 5 Контрольные вопросы.

1. Какие факторы являются определяющими при выборе типа кабеля?

2. Охарактеризуйте типы прокладки?

3. Дайте определение технологии FTTx?

4. В каких сетях применяются оптические кабели?

5. Какие типы центрального силового элемента применяются?