

МДК.01.01

Организация, принципы построения
и функционирования компьютерных
сетей
3-курс

Занятие 13

Расчет магистральных подсистем

Расчет магистральных подсистем

Подсистема магистрали комплекса зданий служит для **соединения** коммуникационного оборудования между зданиями комплекса.

Она включает в себя среду передачи и сопутствующее оборудование, необходимое для обеспечения связи между коммуникационным оборудованием зданий.

Это – внешние **медные** и **оптические** кабели, устройства защиты от электрических разрядов и устройства сопряжения внешних и внутренних кабелей.

Расчет магистральных подсистем

Магистральная подсистема должна включать в себя **кабель**, проложенный между зданиями, в туннеле, закопанный непосредственно в землю или любым другим способом и проходящий от главного кросса к промежуточному кроссу в системе, состоящей из нескольких зданий.

Кабели магистрали должны быть установлены по топологии «**звезда**», исходя из главного кросса к каждому телекоммуникационному шкафу периферийного здания.

Все кабели между зданиями должны быть установлены с соблюдением **требований** соответствующих нормативов.

Расчет магистральных подсистем

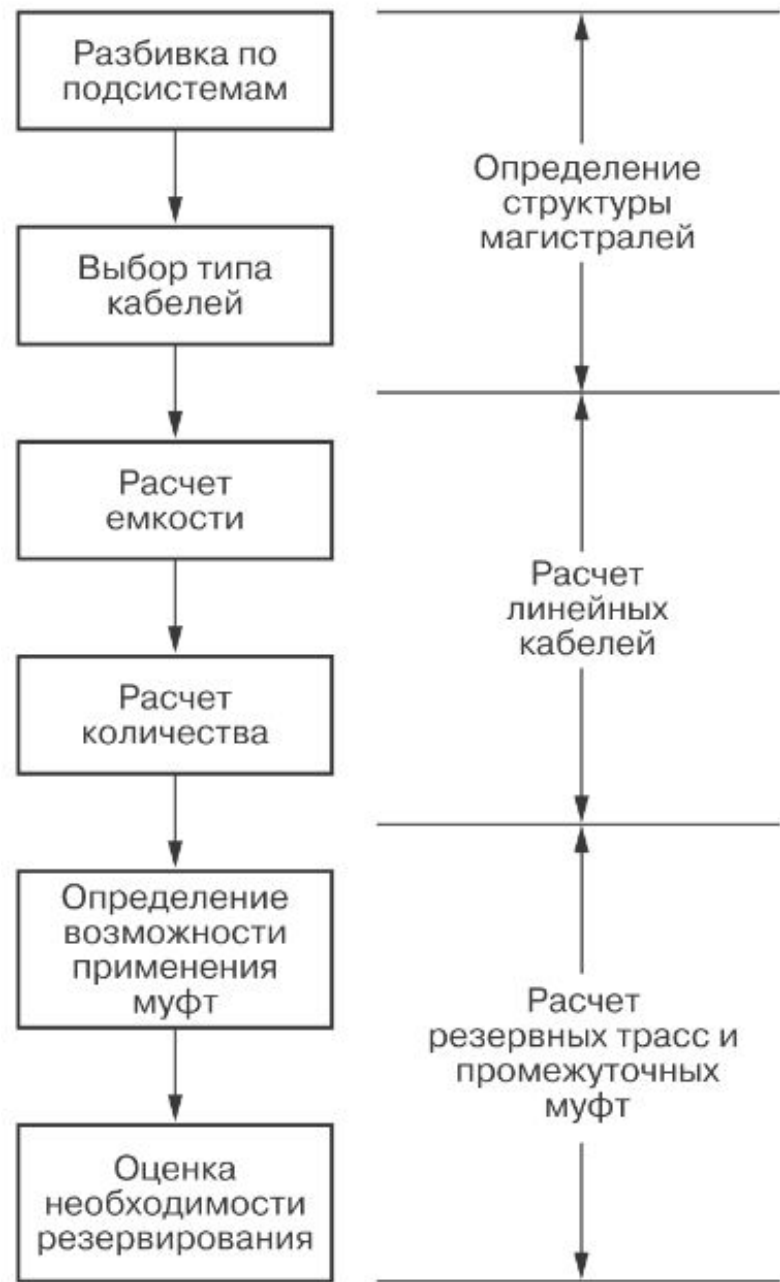
В процессе проектирования магистралей кабельной системы в функции проектировщика входит решение следующих основных задач:

- конкретизация **состава** магистральных подсистем, **типов** линейных кабелей и их категорий;
- расчет **емкости** магистральных кабелей отдельных видов по парам и волокнам, а также их общего **расхода** по длине;
- оценка **необходимости**, выработка принципов **резервирования** отдельных кабельных линий и решение вопроса о целесообразности применения разветвительных **муфт**.

Расчет магистральных подсистем

Аналогично горизонтальной подсистеме работа по проектированию магистральных подсистем на телекоммуникационной фазе осуществляется в **несколько основных** этапов, выполняемых последовательно.

На каждом этапе решается одна из перечисленных выше задач.



Выбор типа и категории магистральных кабелей

Выбор типа и категории магистральных кабелей

Выбор типа и категории кабеля для магистралей кабельной системы задается **решениями**, принятыми при разработке эскизного проекта и определяющими **тип среды** передачи сигнала.

Общие рекомендации по выбору той или иной элементной базы для решения этой задачи приведены в таблице, а обоснование приведенных в ней положений осуществляется в последующих разделах.

Согласно стандарту ISO/IEC 11801 магистральные подсистемы могут строиться на симметричных **электрических** и/или **волоконно-оптических** кабелях, каждый из которых наиболее эффективен для поддержания функционирования определенных разновидностей сетевой аппаратуры.

Длина тракта магистральной подсистемы, м	Приложения с субгигабитными и гигабитными скоростями	Высокоскоростные приложения	Низкоскоростные приложения
0–90 (междуэтажная проводка)	Горизонтальный кабель категории не ниже 5e или многомодовый оптический кабель с волокнами традиционной конструкции	Многопарный электрический кабель категории 5 в варианте power sum	Многопарный электрический кабель категории 3 (возможно использование волоконно-оптического кабеля в случае применения мультиплексоров)
0–300	Многомодовый оптический кабель с волокнами традиционной конструкции		
300–500	Многомодовый оптический кабель с широкополосными световодами	Многомодовый оптический кабель с волокнами традиционной конструкции	
500–1500	Одномодовый волоконно-оптический кабель		
1500–3000	Одномодовый волоконно-оптический кабель		

Волоконно-оптический кабель

Тип волоконно-оптического кабеля (одномодовый или многомодовый) зависит **от типа** применяемого сетевого оборудования и протяженности линейной части магистрали.

Сетевое оборудование ЛВС со скоростью передачи не выше 100 Мбит/с с заданным качеством по скорости передачи, вероятности ошибки и т.д. функционирует по **многомодовому** оптическому кабелю на линиях максимальной длиной до 2000 м.

Волоконно-оптический кабель

Это положение зафиксировано также в стандартах СКС, согласно которым **максимальная длина** канала на многомодовом кабеле может достигать 2000 м (300–500 м кабеля подсистемы внутренней магистрали и 1500–1700 м для кабеля подсистемы внешней магистрали).

Как показывает практический опыт, это значение может быть даже в определенных пределах **превышено** за счет наличия соответствующих запасов и специальных конструктивных решений без какого-либо ущерба для качества передаваемой информации.

Волоконно-оптический кабель

Тем не менее экономически **целесообразным** и технически более перспективным является применение **многомодовой** техники для передачи информационных потоков со скоростями не более 100–155 Мбит/с при трассах длиной не более 1300–1500 м.

Указанное значение определяется, в первую очередь, сложившимся сочетанием **меньшей стоимости** многомодовых оптических интерфейсов **аппаратуры** за счет использования в них **более дешевых** светодиодных излучателей и **более высокой** стоимости многомодовых волоконно-оптических **кабелей**.

Волоконно-оптический кабель

Иная картина наблюдается в случае применения Локальной вычислительной сети Gigabit Ethernet.

Согласно спецификации 802.3z максимальная длина многомодового оптического кабеля для передачи сигналов интерфейсов данной аппаратуры **не может** превышать 550 м.

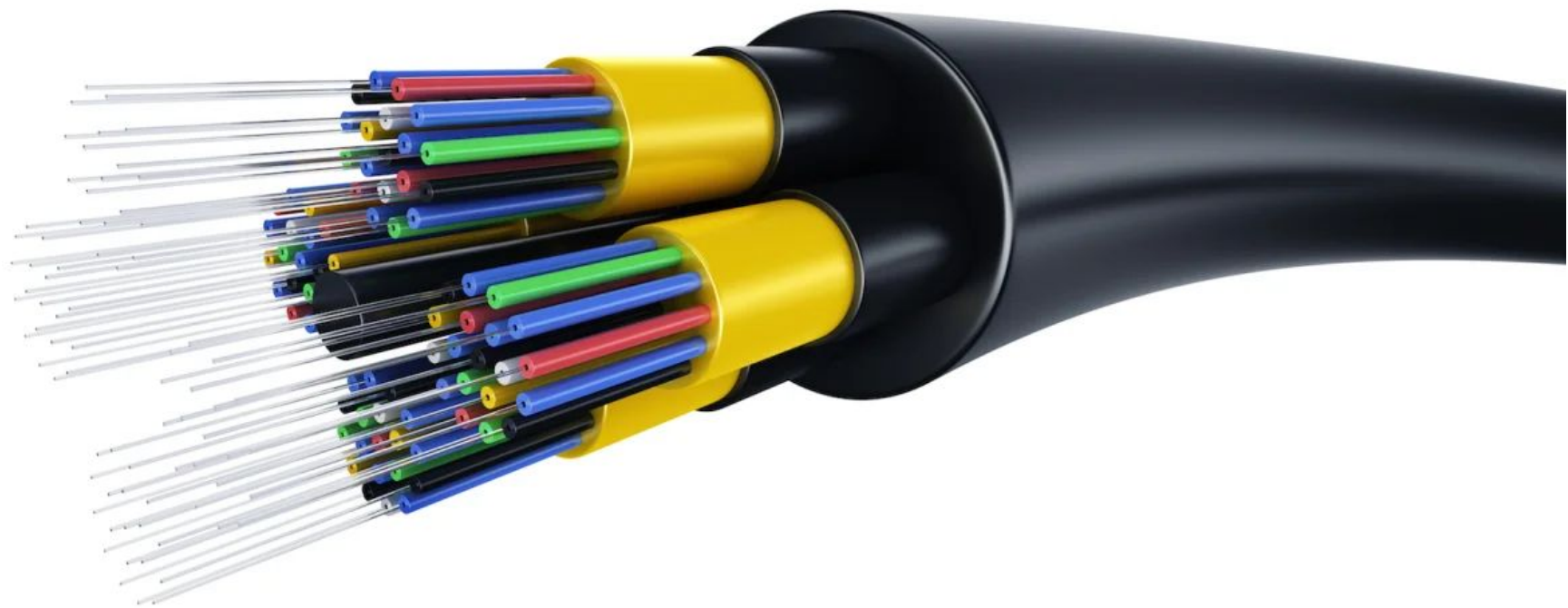
С учетом этого обстоятельства и изложенных выше соображений следуют выводы о том, что:

- волоконно-оптическая часть подсистемы внутренних магистралей должна строиться преимущественно на **многомодовом** оптическом кабеле;
- основой подсистемы внешних магистралей, длина которых превышает 500 м, преимущественно должен являться **одномодовый** кабель.

Волоконно-оптический кабель

В тех ситуациях, когда по оптическому кабелю наряду с ЛВС производится передача сигналов других приложений, в линейной части СКС возможно применение **комбинированных конструкций**, содержащих одновременно одномодовые и многомодовые волокна.

Реализация таких кабелей обычно **не вызывает** у изготовителя элементной базы каких-либо **проблем**, а конструкция и спецификация комбинированного оптического кабеля обычно обсуждается с производителем кабельной системы при конкретном заказе.



Волоконно-оптический кабель

Дополнительным доводом **в пользу** применения волоконно-оптических линий для построения подсистемы внутренних магистралей даже на трассах протяженностью в несколько десятков метров является то, что они очень эффективно обеспечивают **гальваническую развязку** дорогостоящего высокоскоростного оборудования в соединяемых технических помещениях.

Симметричный электрический кабель

Категория симметричного кабеля определяется в зависимости от максимальной частоты передаваемого сигнала использующей его сетевой аппаратуры.

При выборе **типа** многопарного симметричного кабеля кроме проверки соответствия его характеристик классу приложения необходимо дополнительно проконтролировать совместимость (в первую очередь, по уровню) сигналов этих приложений.

В случае обнаружения несовместимости приложений применяются следующие приемы:

- если для построения магистральных подсистем используются 25-парные кабели, то сигналы упомянутых приложений передаются по разным кабелям;

Симметричный электрический кабель

- если же магистральная подсистема строится на кабеле большой емкости, то можно воспользоваться тем фактом, что его сердечник собирается из отдельных 25-парных связок (пучков), каждая из которых имеет электрические характеристики 25-парного кабеля той же категории.

В данной ситуации сигналы несовместимых приложений передаются по разным связкам одного кабеля;

- вместо многопарного кабеля в данной конкретной части магистральной подсистемы применяется так называемый **многоэлементный** кабель.

Симметричный электрический кабель



многопарный кабель

Симметричный электрический кабель



многоэлементный кабель

Симметричный электрический кабель

При окончательном выборе структуры магистральной части СКС желательно рассмотреть **несколько вариантов**, причем при выборе одного из них необходимо обязательно учитывать следующие два обстоятельства:

- **перспективы** использования магистральных кабелей для поддержки функционирования сетевого оборудования, **более требовательного** к пропускной способности тракта передачи сигнала;
- факт того, что выделение для передачи сигналов различного сетевого оборудования отдельных кабелей одного вида, но различных категорий в определенной степени **снижает гибкость** кабельной системы.

Симметричный электрический кабель

При достигнутом уровне развития техники многопарные кабели категории 3 и 5 оказываются достаточно **близкими** друг к другу по основным параметрам, важным с точки зрения строительства линий связи.

На основании этого в некоторых ситуациях вполне целесообразным и оправданным как в плане экономики, так и техники является применение магистральных кабелей из витых пар только категории 5.

Наиболее предпочтительным такое решение оказывается в случае использования многопарных кабелей.

Симметричный электрический кабель

Сравнительная характеристика некоторых параметров многопарных кабелей категорий 3 и 5

Параметр	Категория 3	Категория 5
Емкость, пары	25, 50 и 100	25, реже 50
Плотность конструкции, мм ² /пара	3	4,5
Относительная стоимость в пересчете на одну пару	1	2,4
Относительная масса, кг/км×пара	5,6–6,2	7,1–8,5

Симметричный электрический кабель

Общее правило относительно выбора среды передачи сигнала, достаточно хорошо работающее в области построения магистральных подсистем СКС, с учетом перечисленных выше обстоятельств может быть сформировано следующим образом:

- **информационные сигналы интерфейсов высокоскоростных приложений передаются в основном по волоконно-оптическому кабелю, а низкоскоростных – по симметричному электрическому.**

В силу этого линейная часть магистральных подсистем нередко образуется проложенными рядом друг с другом по одной трассе оптическим и многопарным электрическим кабелями.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Расход кабеля в процессе создания подсистемы внешних магистралей зависит от **длины** трассы и запасов на:

- **неровности** местности,
- выкладки по форме **котлованов** и **колодцев**,
- подвески на опорах для **воздушных** линий.

Дополнительно в обязательном порядке учитывается:

- расход на **разделку** концов кабелей в процессе проведения измерений оптических и электрических характеристик,
- **установки** оконечных коммутационных устройств и промежуточных **муфт** различного назначения.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Величина расхода оптических кабелей и кабелей из витых пар на основании норм РД 45.120-2000, пункт 12.10.1 в линейной части трассы принимается равным ее **длине**, умноженной на **коэффициент увеличения**, значения которого приведены в следующей таблице.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Коэффициент увеличения длины кабелей подсистемы внешних магистралей

Разновидность трассы	Кабели из витых пар	Оптические кабели
В грунте при прокладке механизированным способом	1,02	1,02
В грунте при прокладке ручным способом	1,04	1,04
В кабельной канализации	1,02	1,057
В коллекторе	1,01	1,02
В грунтах, подверженных пучению	1,04	–
На опорах	1,025	1,05

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Запас длины оптического кабеля на монтаж муфты и производство контрольных измерений в соответствии с нормами РД 45.120-2000 составляет 3 м для муфт, находящихся в котловане, и 1,4 м – для муфт, монтируемых в коллекторе.

Другие документы дают несколько отличные, хотя и достаточно близкие значения.

Так, согласно СНиП 3.05.07-85, пункт 3.140 в местах установки как окончных, так и промежуточных муфт предусматривается запас длиной не менее 2 м.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

В составе подсистемы внешних магистралей могут организовываться линии связи достаточно **большой** протяженности, максимальная длина которых в соответствии со стандартами составляет 3 км.

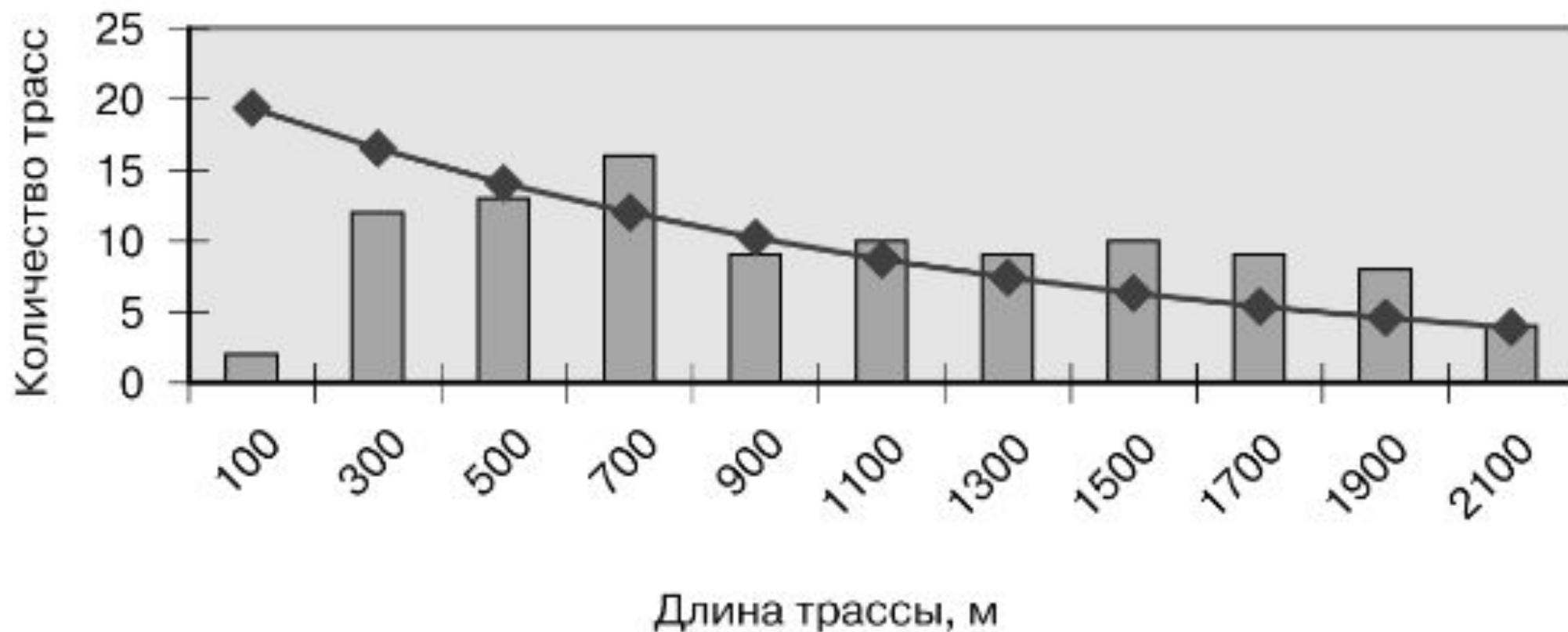
В реальных условиях близкие к предельным длины трасс встречаются достаточно редко.

Однако практика свидетельствует о том, что значения порядка 1–1,5 км могут считаться типовыми.

Для подтверждения этого положения на следующем рисунке представлена **статистика** длин оптических кабелей подсистемы внешних магистралей.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Частотное распределение длин кабельных трасс подсистемы внешних магистралей



Расчет емкости и количества магистральных кабелей

В процессе затягивания в каналы канализации любой кабель СКС неизбежно подвергается **воздействию** различных механических нагрузок.

Величина таких нагрузок значительно варьируется в зависимости от характера и состояния трассы и **возрастает** по мере увеличения ее длины.

Это сопровождается возникновением **напряжений** в конструктивных элементах кабеля, которые могут привести к **изменению** его передаточных характеристик.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Так, в частности, чрезмерное **растяжение** и сжатие оптического кабеля может привести к увеличению **потерь** и **обрыву** волокон.

В симметричных кабелях такие воздействия вызывают нарушение структуры отдельных пар и сердечника в целом, что имеет своим следствием возрастание переходных помех и интенсивности обратных отражений.

Значительное превышение механическими нагрузками допустимого уровня приводит к **повреждению** и **разрушению** отдельных компонентов сердечника и оболочек, а в тяжелых случаях – даже к **обрыву** кабеля.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Всю совокупность механических воздействий, которые испытывает кабель в процессе прокладки в канале канализации, можно разделить на усилия **растяжения** и **сдавливания**.

Основными факторами, определяющими растягивающее усилие, являются:

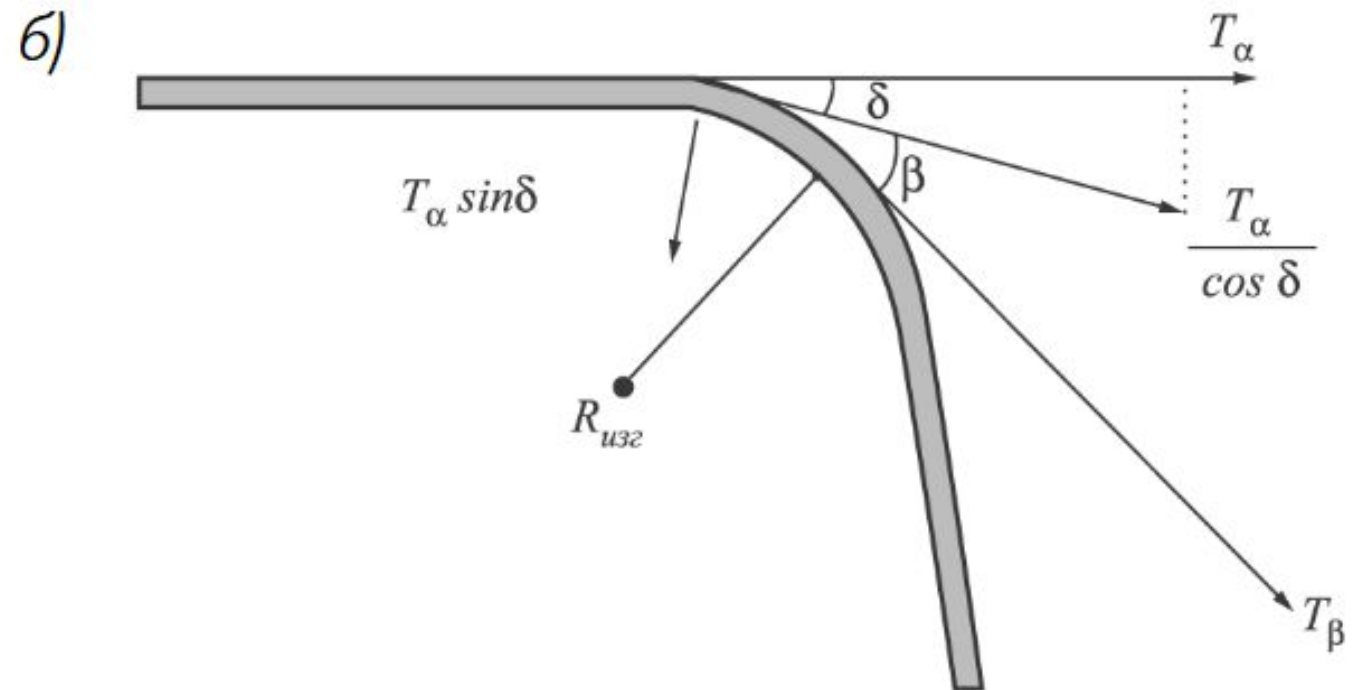
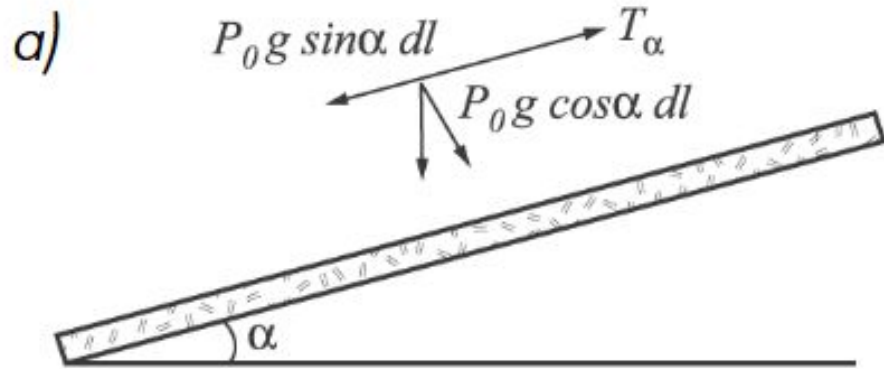
- такие механические параметры кабеля, как его **погонная масса** P_0 , коэффициент трения k_t и длина L ;
- **состояние** трассы кабельной канализации (наличие в канале **других** кабельных **изделий**, качество строительства, загрязнения и т.д.);
- характер трассы кабельной канализации (угол α наклона поднимающегося и опускающегося участка трассы, а также угол β поворота в горизонтальной плоскости).

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

К расчету величины усилия растяжения:

а) на прямолинейном участке трассы с уклоном;

б) на изгибе трассы



Расчет емкости и количества магистральных кабелей

При протяжке кабеля по незанятому прямолинейному каналу на него действует сила трения и дополнительное тормозящее или ускоряющее усилие, зависящее от угла наклона трассы в данной конкретной точке.

Сопротивление растяжению, которое создает участок кабеля длиной L можно рассчитать как

$$T_{\alpha} = \int_0^L P_0 g [k_t(\ell) \cos \alpha(\ell) + \sin \alpha(\ell)] d\ell,$$

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

где g – ускорение свободного падения;

$\alpha(L)$ – угол отклонения наклона данного участка трассы от горизонтали, причем

$\alpha \geq 0$ соответствует подъему трассы, а $\alpha \leq 0$ – ее уклону.

Коэффициент трения зависит в первую очередь от **материалов**, используемых для изготовления внешней оболочки кабеля и **внутренней поверхности** канала канализации, а также от **состояния и засоренности** последней.

В существенно меньшей степени этот параметр зависит от **диаметра** кабеля и скорости его протягивания по каналу.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Таким образом, с большой долей достоверности можно принять, что коэффициент трения **мало меняется** по длине трассы и $k_t(L) = k_t$.

Значения этого параметра для наиболее популярных при изготовлении кабелей внешней прокладки полиэтиленовых оболочек и свободного не засоренного канала приведены в следующей таблице.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Зависимость коэффициента трения от материала труб кабельной канализации

Материал трубы	Коэффициент трения
Полиэтилен	0,29
Асбоцемент	0,32
Бетон	0,38
Поливинилхлорид	0,30
Полимер со слоем твердой смазки	0,10

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

В некоторых случаях возникает необходимость прокладки кабелей в каналах, в которых уже находятся **другие кабели**. Часто это удешевляет строительство, а иногда является единственной возможностью его осуществления.

Наличие других кабельных изделий **затрудняет** процесс протяжки и вынуждает дополнительно увеличивать **усилия**, прикладываемые к вновь прокладываемому кабелю даже в случае идеально ровного и строго горизонтального канала.

Величина увеличения усилия в достаточно широких пределах варьируется в зависимости от конкретных местных условий.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

В случае трех кабелей наименее удобной для затягивания конфигурацией является их рядное расположение с протягиваемым кабелем посередине (наряду с трением о стенку канала возникает дополнительное трение о соседние кабели).

Кроме того, состояние канализации в реальных условиях нередко бывает достаточно **далеким от идеального**.

Влияние на процесс протяжки совокупности перечисленных выше факторов учитывают введением обобщенного интегрального параметра, получившего название **коэффициента заклинивания** имеющего физический смысл увеличения тягового усилия в частично занятом, построенном с отступлением от правил и/или засоренном канале по сравнению с идеальным.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Проведенные измерения показывают, что эффект заклинивания может **увеличивать усилие**, прикладываемое к кабелю в процессе его протяжки **в несколько раз**.

Хотя обычные значения этого коэффициента не превышают 2 (двух единиц).

Зависимость коэффициента заклинивания от количества других кабелей, проложенных в том же канале, приводится в следующей таблице.

Расчет емкости и количества магистральных кабелей

Значения коэффициента заклинивания от числа кабелей в канале

Количество кабелей	1	2	3	4
Коэффициент заклинивания	1	1,5–2	2–4	4–9

Особенности проектирования линейной части подсистемы внешних магистралей

Особенности проектирования линейной части подсистемы внешних магистралей

- При проектировании внешней магистрали в условиях нашей страны достаточно часто используются кабельные трассы в канализации ГТС и коллекторах различных **городских служб**.

В этом случае возникает проблема получения соответствующих **согласований и технических условий** на прокладку только тех кабелей, которые входят в перечень разрешенных, а также заключения договоров на аренду кабельных каналов.

Данное обстоятельство должно быть обязательно **учтено** при составлении перечня выполняемых проектных работ, а необходимые затраты внесены в бюджет проекта.

Особенности проектирования линейной части подсистемы внешних магистралей

- Из-за относительно небольшого по сравнению с горизонтальной подсистемой количества трактов передачи, поддержку функционирования которых осуществляет подсистема внешних магистралей, **расчет емкости** прокладываемых там кабелей выполняется каждый раз **индивидуально**.

Каких-либо универсальных рекомендаций по этому поводу дать просто **невозможно**.

Особенности проектирования линейной части подсистемы внешних магистралей

- Волоконно-оптические кабели внешней прокладки **без использования металла** в конструкции из-за их несколько более высокой стоимости и зачастую худших массогабаритных показателей следует использовать в тех ситуациях, когда кабельная трасса хотя бы на части своей длины находится в зоне действия сильных **электромагнитных полей**.

Другой аналогичной ситуацией является их прокладка в местах с **большой разницей потенциалов**.

Во всех прочих случаях обычно более предпочтительным является применение кабелей с **металлическими упрочняющими элементами и броневыми покровами**.

Особенности проектирования линейной части подсистемы внешних магистралей

- В тех случаях, когда кабели подсистемы внешних магистралей **соединяют** между собой **несколько зданий** и частично прокладываются при этом по одной трассе, имеет смысл рассмотреть возможность применения на трассе **разветвительной муфты**.
- Из-за сложностей быстрого восстановления физической целостности кабеля в аварийных ситуациях при построении внешних магистралей рекомендуется по возможности использовать **резервирование** уже на этапе выполнения **проектных работ**.

Особенности проектирования линейной части подсистемы внешних магистралей

- Большая стоимость и продолжительность работ по строительству внешних магистралей заставляет вводить повышенные **запасы по емкости**, расходуемые в процессе эксплуатации СКС.

Так, например, по емкости волоконно-оптических кабелей целесообразно использовать, по меньшей мере, **двойной запас световодов**.

Контрольные вопросы:

1. Для чего при прокладке вертикальных трасс для магистральных кабелей используют слоты, рукава и закладные трубы? Укажите их достоинства и недостатки.
2. Какие вы знаете варианты прокладки кабелей горизонтальной подсистемы? Кратко охарактеризуйте их.
3. Какие виды применяются для скрытой прокладки кабелей в полах горизонтальной подсистемы? В чём преимущества каждого из них?
4. Чем обусловлено применение настенных декоративных коробов для прокладки кабелей горизонтальной подсистемы?

Список литературы:

1. Беленькая М. Н., Малиновский С. Т., Яковенко Н. В. Администрирование в информационных системах. Учебное пособие. - Москва, Горячая линия - Телеком, 2011.
2. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, В. Олифер, Н. Олифер (5-е издание), «Питер», Москва, Санкт-Петербург, 2016.
3. Компьютерные сети. Э. Таненбаум, 4-е издание, «Питер», Москва, Санкт-Петербург, 2003.

Список ссылок:

<https://idistribute.ru/upload/iblock/d0d/d0dc11384ac7ed7feb24118cce5f61f3.jpg>

<http://lindex.ru/upload/iblock/662/662bc8e54a50ab6297ba4265b6bf0328.jpg>

<https://avatars.mds.yandex.net/get-pdb/904462/220c07c9-2cce-4110-b214-1dbb9c9ab5d9/s1200>

Благодарю за внимание!

Преподаватель: Солодухин Андрей
Геннадьевич

Электронная почта: asoloduhin@kait20.ru