

### **Расчет оптической части гибридной сети абонентского доступа.**

Использование последних технологий передачи светового сигнала по линии связи с приемлемым качеством создает благоприятные условия для стремительного развития кабельных сетей и практически решает проблему роста требований к современным информационным системам. Прежде всего, естественным образом решается вопрос расширения полосы передачи, существенно ограниченной в коаксиальных системах. Во-вторых, отпадает необходимость в каскадах из множества усилителей, требующих к тому же и установки блоков питания. Вместо этого в линии устанавливается только два активных прибора - оптический передатчик и оптический приемник. На тех расстояниях, которые обычно встречаются в сетях кабельного телевидения, оптический сигнал можно передавать без промежуточных усилений, снижающих качество передачи. В волоконных системах используются такие рабочие частоты, на которых посторонние электромагнитные излучения практически не влияют на передаваемый сигнал и на которых может потребоваться лишь небольшое выравнивание уровня сигнала или авторегулировка с целью компенсации влияния температурных изменений окружающей среды. Иначе говоря, волоконно-оптические системы передачи не нуждаются в сложной технической поддержке для обеспечения высокой эффективности передачи.

Однако, и оптические системы имеют ряд недостатков. Среди них очень низкие уровни передачи, не позволяющие использовать сигнал для питания большого числа абонентских ответвителей, без которых невозможно построить распределительную сеть кабельного телевидения. Если же попытаться доставить оптический сигнал к каждой абонентской установке, то следует обеспечить в каждой такой точке преобразование оптического сигнала в высокочастотный электрический сигнал, поскольку конечным обслуживаемым прибором абонентской сети является телевизор. Высокая стоимость такого решения распределяется между множеством абонентских установок.

В случае передачи сигнала по волоконно-оптическим звеньям участие активных, вносящих шум и искажения, приборов существенно ограничено. В оптимальном варианте это всего лишь один оптический передатчик, один оптический приемник и от 2 до 4 радиочастотных усилителей в каскаде. Все абоненты этой системы, независимо от их удаленности от головной станции, будут принимать сигналы одного и того же качества или очень близкого. Разумеется, это справедливо при условии, что длина волокна между передатчиком и приемником не превышает предельной допустимой величины для данной полосы частот и данной длины волны. Цифровая оптическая система обеспечивает еще более постоянное и предсказуемое качество сигнала в любой обслуживаемой точке. Цифровая сеть обеспечивает одинаковое

качество передачи сигнала независимо от протяженности и все последующие коаксиальные сегменты получают сигнал одинаково высокого качества. Поскольку промежуточных усилителей в волоконной линии нет, а искажения, вносимые оптическим передатчиком и оптическим приемником минимальны, то факторами, от которых зависит качество передачи на любом участке (секции) оптической линии являются, во-первых, соотношение физической длины этой секции и рабочей полосы частот, а, во-вторых, показатели качества, определенные в спецификации оптического приемника и передатчика при переносе определенного количества сигналов. Оптические приемники имеют некоторый динамический диапазон входного уровня, в пределах которого они могут принимать сигнал, сохраняя приемлемые показатели качества передачи.

Оптические передатчики, как и коаксиальные усилители, характеризуются различными показателями качества передачи при разных нагрузках и на практике часто встречаются ситуации, в которых первоначально спроектированная система передачи нуждается в модернизации. Например, если при действительной нагрузке в 50 каналов через некоторое время звено должно будет передавать, например, 70 каналов, то выбор подходящего оборудования в будущем позволит легко нарастить канальную емкость системы. Можно, слегка понизив выходной уровень передатчика путем его настройки, несколько намеренно завысить показатели качества при первоначальной, более низкой, нагрузке. При увеличении нагрузки тогда потребуются лишь перенастройка передатчика. При таком, казалось бы простом, подходе проектирование оптической части и ее первоначальная настройка несколько усложняется и требует специального расчета. При регулировке, которая будет выполняться впоследствии, к тому же, возрастает вероятность неправильной настройки оборудования из-за некомпетентности персонала или желания компенсировать другие проблемы в звене передачи путем коррекции его характеристик. Даже если эта регулировка оборудования будет выполнена правильно, стандартная процедура проектирования на основе одинаковых уровней передачи может иметь более весомые преимущества в смысле упрощения первоначальной настройки и последующего технического обслуживания сети по сравнению с первоначальным улучшением качества нестандартными методами.

Способ расчета оптической части полностью аналогичен тому, что применялся при проектировании коаксиальной системы. Уровни оптической передачи выражаются в децибел-милливаттах, а потери, как всегда, в децибелах. Предположим, что имеется ряд передатчиков, каждый из которых удовлетворяет спецификации при одной и той же канальной нагрузке, но все эти передатчики имеют различные выходные мощности. Также предположим, что каждый из этих передатчиков обеспечивает допустимые показатели качества передачи, находящиеся в пределах спецификации звена, а каждое звено предоставляет сигнал на входе оптического приемника с одним и тем же уровнем. С целью устранения проблем совместимости оборудования выбираем передатчики и приемники одного производителя. Необходимо тщательно изучить

спецификации оборудования и правильно понимать физический смысл заданных величин. В некоторых случаях производители могут давать в спецификации величину канальной нагрузки исходя из того, что часть каналов передается в цифровом виде, а часть - в аналоговом. При этом для цифровых каналов может быть определен более низкий входной уровень.

***При проектировании оптической линии рекомендуется следующий порядок.***

Сперва определяются при данных расстояниях, потери в звене между его двумя конечными точками на выбранной длине волны. Так как волоконные соединения вносят свои дополнительные потери, необходимо строго оценить количество соединений, которое потребуется. Самый практичный подход состоит в том, чтобы заложить в расчет значение потерь на соединениях с таким технологическим запасом, который адекватен потерям, вносимым установкой лю-

бого разумного числа соединений. Зная уровень оптического сигнала на входе волокна, который был установлен выходной спецификацией производителя передатчика, уровень на входе оптического приемника легко найти путем сложения всех потерь в звене и вычитания этой величины из выходного уровня передатчика. Если этот уровень соответствует или близок установленному в спецификации приемника входному уровню, то качество передачи в звене будет соответствовать требуемому. Конечно, нужно рассматривать проблему оптических соединений и ответвлений при использовании для обслуживания более, чем одного сегмента (более одного оптического приемника). Деление оптической мощности между двумя или большим количеством распределительных волокон создает потери в каждом волокне, которые должны быть прибавлены при расчете уровня на входе каждого оптического приемника, обслуживаемого этим волокном.

В качестве терминального оборудования оптической линии связи, как правило, выбирается оптический передатчик и оптический приемник одного производителя. Оптический передатчик предназначен для формирования полосы передачи требуемой ширины и генерирования в этой полосе выходного сигнала с фиксированным диапазоном уровней на данной несущей частоте оптического диапазона для передачи определенного числа сигналов через оптическое волокно. Оптический приемник предназначен для предоставления переданного сигнала с требуемым качеством при заданном входном уровне. Все оптические передатчики характеризуются разными выходными мощностями, и чем выше выходная мощность прибора, тем больше его стоимость. Как правило, производители предлагают передатчики с рядом различных выходных мощностей. Используя передатчики с различными выходными мощностями в сочетании с одним и тем же оптическим приемником на одной частоте оптического диапазона, получим, что одно и то же качество передачи можно будет обеспечить на участках разных длин. Т.е. допустимые потери сигналов разного уровня в системах различной протяженности будут различаться.

Следующим шагом может быть распределение потерь сигнала в оптической линии. Определяя выходной уровень передатчика, можно распределить потери в системе по участкам различных длин. С точки зрения материально-

технического обеспечения это означает, что в большой системе требуется установить некоторое число различных передатчиков, а также резервные блоки к ним в том же количестве, если резервирование необходимо. Можно пойти и другим путем, используя только одинаковые передатчики с максимальной выходной мощностью на всех участках. В этом случае будем подстраивать величины потерь во всех оптических звеньях с помощью оптических аттенюаторов, устанавливаемых на входах оптических приемников, чтобы все потери были приблизительно равны. В таком случае все звенья будут иметь одинаковые или очень близкие показатели качества передачи, а с точки зрения логистики получим упрощение системы, хотя и с некоторым превышением ее стоимости. Вероятно, разумнее всего избрать промежуточный вариант, когда разнообразие передатчиков можно будет уменьшить, прибегнув к малому числу аттенюаторов в некоторых звеньях. В некоторых случаях представляется возможным платить более высокую цену за прокладывание наиболее длинных звеньев из волокна с очень низкими потерями. Также можно снизить потери в волокне за счет выбора другой рабочей длины волны оптического диапазона, на которой затухание сигнала на единицу длины волокна ниже, но такой подход менее вероятен. Архитектуру системы, конечно, тоже можно изменить. Если первоначально было запланировано подавать сигнал от одного передатчика, скажем, на два приемника при помощи оптического делителя, то впоследствии можно внести изменения в проект системы, устранив этот делитель и связанные с ним потери, и подав питание на каждый приемник по отдельному волокну. Такое решение не всегда будет более экономичным и желательным, но оно может облегчить проектирование очень больших участков.

Теперь остается только рассчитать полные потери передачи во всей соединительной кабельной структуре и убедиться в том, что уровни входных сигналов оптических приемников и гарантируемые ими показатели качества полностью соответствуют допустимым величинам. Эти результирующие потери включают потери в волокне, потери на соединениях вместе с допусками на возможные соединения в будущем и потери на всех оптических пассивных и активных устройствах, включаемых в соединительное волокно. Расчеты, выполняемые на этом этапе, обычно называются балансом потерь в оптическом звене. Они могут учитывать некоторые допуски на возможные ошибки или будущие соединения, которые могут потребоваться при восстановлении поврежденных волокон. Необходимо помнить, что оптические приемники относительно слабо чувствительны к малым отклонениям уровня входного сигнала вследствие величины их собственного динамического диапазона.

Такая процедура расчета позволяет установить показатели качества передачи любого оптического звена с приемлемой точностью. Однако, необходимо не только вычислить показатели, но также измерить их и проверить достигаются ли расчетные значения в действительности. Для контроля соответствия расчетных показателей реальным в системе производится первоначальная настройка и выполняются измерения в тестовых точках компонентов системы между входом и выходом оптического звена. Измерение показателей системы должно выполняться регулярно в ходе технического обслуживания, целью

которого является поддержание показателей постоянными при длительной эксплуатации системы.

Оценим необходимое количество оборудования в оптической части гибридной сети. Допустим, что в предполагаемой области обслуживания системы КТВ число потенциальных абонентов составляет 100 тысяч, а один сегмент в среднем содержит 20 тысяч абонентов. Число узловых (подголовных) станций в такой системе равно 5. Магистральный уровень частично выполнен на оптике. Требуется оценить необходимое количество коаксиального и оптического оборудования в сегменте и во всей гибридной системе. Оценка выполняется в предположении, что число потенциальных абонентов сети и количество абонентов, которых способно обслуживать одно устройство (усилитель, приемник или передатчик), заранее известно. Допустим, что количество абонентов в коаксиальной распределительной (домовой) сети, подключаемых к одному выходу магистрального оптического приемника, равно 400. Тогда необходимое количество магистральных оптических приемников в сегменте будет равно:

$$N_{\text{пр}} = 20000 / 400 = 50.$$

Если предположить, что каждая оптическая магистраль обслуживает 5 оптических приемников, т.е. на один передатчик приходится в среднем 5 приемников, то количество передатчиков в сегменте (установленных на одной узловой станции) составит:

$$N_{\text{пер.}} = 50 / 5 = 10$$

Таким образом, во всей системе, включающей 5 таких сегментов, потребуется установить около 250 оптических приемников и 50 оптических передатчиков. Далее приведем простейшие примеры баланса потерь в оптической части.

### **Пример 1.**

В оптическом звене длиной 6 км установлен делитель для обслуживания двух приемников. Требуется определить выходной уровень передатчика.

Для расчета будем использовать следующие значения:

- потери в волокне 0,4 дБ/км;
- потери в разъемах 0,5 дБ/разъем (в каждом звене 2 разъема);
- потери в соединениях 0,2 дБ/км {включая допуски на восстановление};
- потери в делителях 3,0 дБ;
- входной уровень приемника -3,0 дБм (при номинальном динамическом диапазоне);
- максимальный выходной уровень передатчика +8,0 дБм. Получим следующие значения потерь, дБ:

В волокне.....	2,4
В разъемах.....	1,0
В соединениях.....	1,2
В делителе.....	3,0

Общие потери в звене.....7,6

Если входной уровень приемника должен быть равен  $-3,0$  дБм, а общие потери в звене составляют  $7,6$  дБ, то выходной уровень передатчика должен составлять  $+4,6$  дБ. Поскольку входной уровень приемника фиксирован, то единственным фактором, которым можем манипулировать, является выходной уровень передатчика. Поскольку используем делитель, потери сигнала на обоих его выходах равны, но если предположить, что приемники находятся на различных расстояниях от делителя, то необходимые длины волокна, а, значит, и потери в волокнах будут для двух приемников неодинаковы. Кроме того, в одной из точек расположения приемника могут быть внесены дополнительные потери от соединений. В результате в конечных точках двух оптических звеньев приемники будут получать сигналы с разными входными уровнями. Несомненно, выходной уровень единственного передатчика нельзя изменить так, чтобы выполнить требования спецификаций обеих приемников. Для выхода из этой ситуации придется либо устанавливать на одном из выходов делителя оптический аттенюатор, либо уменьшать длину другого волокна. Если же разность потерь в волокнах не превышает динамический диапазон самих приемников, то не понадобится никаких действий для выравнивания уровней. С другой стороны, если разности длин волокон и потерь в них очень велики, то скорее вместо делителя следует использовать оптический ответвитель.

### **Пример 2.**

С помощью одного волокна оптический приемник обслуживается одним оптическим передатчиком. Требуется найти наибольшее расстояние, на которое приемник может быть удален от передатчика. Значения потерь и уровней берутся из предыдущего примера.

Поскольку необходимо найти наибольшее расстояние между приемником и передатчиком, следует установить максимальный выходной уровень передатчика ( $+8$  дБм). В соединительном волокне потребуется по крайней мере два оптических разъема, которые вносят потери  $2 \times 0,5 = 1,0$  дБ (эти потери не зависят от расстояния), поэтому уровень сигнала становится равным  $7$  дБ-м. Если при этом входной уровень приемника должен быть равен  $-3$  дБ-м, то общие потери в волокне составят  $10$  дБ. Общие потери в оптическом звене складываются из собственно потерь в волокне ( $0,4$  дБ/км) и потерь на соединениях ( $0,2$  дБ/км). В сумме они составляют  $0,6$  дБ/км. Разделив найденные потери  $10$  дБ на  $0,6$  дБ/ш, получим, что допустимое расстояние до приемника составляет  $16,6$  км. На этом расстоянии при данных уровнях сигнала и потерях передатчик и приемник будут обеспечивать то качество передачи в звене, которое было определено производителем для данного оборудования.

### **Расчет коаксиальной части**

Широкополосные коаксиальные системы строятся исключительно на основе коаксиального кабеля и переносят сигналы, в основном телевизионные, как правило, в аналоговом виде с частотным разделением и мультиплексированием. Обычно полоса порядка  $800$  МГц используется для одновременной передачи

примерно 50 или даже более телевизионных каналов. Кроме собственно телевизионных сигналов в системе могут передаваться сигналы телетекста, различных служб передачи данных (в цифровом виде), сигнализации. Широкополосная коаксиальная технология, которая остается пока основной технологией кабельных сетей, имеет множество недостатков. Потери передачи в коаксиальном кабеле таковы, что необходимо частое усиление сигнала, а это требует значительного количества радиочастотных широкополосных усилителей, включенных последовательно в каскад. Каскады из нескольких десятков усилителей не являются чем-то необычным в коаксиальной системе. Поскольку эти приборы являются аналоговыми, то шумы и интермодуляционные искажения, производимые каждым из них, накапливаются в окончании передающей системы и ухудшают качество передачи. Кроме этого, поскольку каждый такой прибор является активным, необходима подача питания к множеству точек на протяжении всей системы. Каскад из множества усилителей с учетом сложной системы их питания в значительной степени подвержен сбоям, означая прерывание обслуживания. Если требуется увеличить число передаваемых телевизионных сигналов, то следует расширить полосу системы передачи, но при этом практическая эффективность работы каскада из большого количества усилителей становится еще более проблематичной.

Экономичность каскадной структуры определяется относительно уровней передачи и коэффициентов усиления усилителей в ней. Нужно понимать, что любые меры, направленные на повышение экономичности системы, неизбежно ведут к более сильным искажениям и шумам. Коаксиальная сеть подвержена электромагнитному влиянию различных посторонних сигналов по входу и выходу, фоновым помехам от сети питания и т. д. Помимо этого, сильное различие в потерях передачи на высоких и низких частотах, чувствительность к температурным изменениям, необходимость выравнивания частотной характеристики кабеля и другие проблемы, имеющие место в таких системах, ведут к усложнению процедур их тестирования и технического обслуживания. Может показаться, что эта технология достигла предела своего развития, никакие дальнейшие ее усовершенствования невозможны и для повышения качества передачи необходимо создавать новые технологии, базирующиеся на других принципах. Отчасти это так, но, тем не менее, ресурсы коаксиальной технологии не исчерпаны полностью и в некоторых случаях она предоставляет практичное и экономически выгодное решение, как, например, при необходимости обслуживания множества абонентов, расположенных в случайном порядке. На сегодняшний день эта технология, позволяющая легко разворачивать кабельную сеть почти в любых условиях, остается очень привлекательной для операторов кабельного телевидения.

Методика расчета коаксиальной сети основана на определении таких показателей качества передачи как  $C/N$  (отношение среднеквадратичного значения несущей к среднеквадратичному значению шума), СТВ (комбинированные искажения третьего порядка), CSO (комбинированные искажения второго порядка) и CXM (комбинированная кросс-модуляция) при

выбранных уровнях передачи, которые зависят от канальной нагрузки сети и возможностей усилительного оборудования. Возможно и даже наиболее вероятно, что радиочастотные усилители, используемые в коаксиальных сегментах гибридной системы, будут иметь большее усиление, чем линейные усилители в полностью коаксиальной системе. Это объясняется тем, что в гибридной системе длина каскада усилителей строго ограничена и дополнительные искажения, создаваемые усилителями с высоким выходным уровнем, могут быть вполне допустимы в комбинации с низкими искажениями и шумами, создаваемыми самим оптическим звеном. Конечно, если уровни сигналов в коаксиальной структуре более высокие, то стоимость такой структуры повышается. Если разработчик хочет создать систему гибридной конфигурации с более высокими качественными показателями, то наиболее целесообразным и желательным это улучшение будет в распределительном сегменте системы передачи. Заметим, что в отличие от обычных полностью коаксиальных систем гибридные системы предоставляют сигнал всем абонентам почти с одним и тем же качеством и уровнем, независимо от удаленности конкретного абонента от головной станции. При этом число коаксиальных радиочастотных усилителей, через которые проходит сигнал на пути к абоненту, будет различным. При создании большой гибридной системы, вероятно, потребуется построить множество коаксиальных распределительных систем, совокупная стоимость которых будет довольно значимым фактором при проектировании.

В коаксиальной системе, напомним, для передачи сигнала применяется частотное мультиплексирование. От количества используемых радиочастотных усилителей зависят уровни передачи на каждом усилителе и показатели передачи в оконечной точке системы. Для каждого отдельного проекта площадь покрытия или протяженность сети индивидуальна. В результате расчета показателей передачи всей системы получаем, что либо на всех усилительных участках показатели соответствуют запланированным, либо в части системы показатели лучше запланированных. При этом все участки соответствуют спецификациям, но более короткие участки имеют лучшие характеристики, чем более длинные. Это относится и к уровням радиочастотных сигналов, подаваемых в абонентские точки. Уровни должны быть примерно одинаковы или, по крайней мере, находиться в допустимых пределах, но в действительности все абоненты принимают сигнал с разным качеством, т.е. с разными показателями сигнал/шум и интермодуляции. Соблюдение спецификаций означает только, что все абоненты принимают сигнал с качеством, которое не ниже нормативного.

Свойства коаксиальной распределительной сети до некоторой степени диктуются географическими свойствами обслуживаемой области при условии, что необходимо обслужить всех абонентов в пределах данного сегмента. Такие обстоятельства как наличие рек, озер или возвышенностей могут сыграть свою роль. Несомненно, правильнее будет сразу определить показатели передачи



любого каскада радиочастотных усилителей, как было показано в предыдущих главах. Если все оптические звенья в гибридной системе характеризуются одним и тем же качеством передачи независимо от их длины и все коаксиальные сегменты действуют построены по одной схеме, то можно значительно упростить расчет гибридной системы. Если все коаксиальные распределительные звенья имеют, скажем, по 4 усилителя, которые работают при одинаковых входных и одинаковых выходных уровнях, то все распределительные коаксиальные расширения будут предоставлять сигнал одного и того же качества. Тогда в результате комбинирования одинаковых показателей оптического и коаксиального звеньев гибридной системы получим, что все ее сегменты обеспечивают одно и то же качество сигнала на выходе самого удаленного усилителя.

Качество сигнала, подаваемого на каждую коаксиальную распределительную структуру, является достаточно высоким по сравнению с качеством сигнала, подаваемого в фидерный кабель после, скажем, 20 транковых усилителей в чисто коаксиальной системе. Поэтому в гибридной системе разработчик имеет большую свободу в выборе длины каскада. Вероятно, в большинстве случаев влияние шума и искажений от трех или четырех усилителей в коаксиальном каскаде допустимо при условии уменьшения выходных уровней, как это делалось в полностью коаксиальных системах. Рекомендовать конкретный длины каскадов в коаксиальной части гибридных систем не представляется возможным, поскольку это зависит от технических условий, в которых принимается решение в каждом отдельном случае. Длина усилительного каскада будет определяться в значительной степени размером сегмента, который также выбирается разным в разных проектах. Поскольку в оптической системе имеем более широкую полосу передачи и предполагаем устанавливать абонентские от-ветвители во всех коаксиальных расширениях, то в коаксиальных сегментах гибридных систем можно обеспечить уверенное выравнивание спектра сигналов. Пассивные эквалайзеры, расположенные в линии последовательно выравнивают сигналы в абонентских ответвлениях. Они могут использоваться более часто, чем в полностью коаксиальных системах с ограниченной полосой передачи. Процесс выбора ответвителей при распределении сигнала изменяющегося уровня вдоль отрезка коаксиального кабеля, когда на все абонентские ответвления необходимо подать сигналы равных или очень близких уровней, является неизменным как для полностью коаксиальной, так и для гибридной системы.

Важным условием равного качества сигнала в сегментах является то, имеют ли все коаксиальные расширения одинаковое число усилителей в каскаде. Как было установлено ранее, усилительные каскады коаксиальных сетей делятся на транковые и фидерные. Опыт строительства сетей и инженерные расчеты позволяют определить, что фидерные участки умеренно ухудшают качество сигнала в транке, а современный уровень развития систем связи диктует необходимость двух линейных усилителей в качестве стандартной длины фидерного каскада. Длина каскада транковых усилителей является неопределенной и зависящей от действительного расстояния до последнего

фидера, поэтому качество сигнала в окончании транка, характеризуемое вносимыми в него шумами и искажениями, также зависит от конкретных условий проекта. Техническая поддержка системы упрощается, поскольку все фидеры или их большинство имеет одинаковые усилительные каскады, а все усилители работают при одинаковых входных и одинаковых выходных уровнях. С нестандартными требованиями к фидерному каскаду, когда в нем необходимо 3 или 4 усилителя, можно столкнуться как с исключением из правила. Если такое расширение фидера необходимо, то для ограничения искажений используется самый простой прием, т.е. снижение полезного усиления каскада и, следовательно, его выходных уровней, что приводит к уменьшению интермодуляции. Этот прием вводит нестандартные уровни сигнала на некоторых участках системы, что в действительности усложняет ее техническое обслуживание, но, тем не менее, этот подход очень удобен и широко распространен. В случае коаксиального распределительного сегмента гибридной системы можно применять ту же методику.

Оценим приблизительно необходимое количество домовых и магистральных усилителей в коаксиальной части распределительного сегмента с емкостью 20 тысяч абонентов. В условиях типичной городской застройки один домовый усилитель может обслуживать максимум 50 абонентов. Следовательно, минимальное необходимое количество домовых усилителей в сегменте составит:

$$N_{\text{д}} = 20000/50 = 400.$$

Количество магистральных усилителей будет определяться планируемой протяженностью коаксиальной части магистрали. Допустим, протяженность коаксиальной магистрали такова, что между оптическим магистральным приемником и домовым усилителем требуется установить только два магистральных усилителя, т.е. на каждый оптический приемник приходится два магистральных усилителя. Если в сегменте установлено 50 приемников, то количество магистральных усилителей в сегменте составит:

$$N_{\text{м}} = 100.$$

Принимая во внимание тип застройки, можно оценить и количество магистральных и абонентских пассивных распределительных элементов в сегменте. Максимальное количество магистральных распределительных устройств, очевидно, равно числу домовых сетей. Количество абонентских устройств зависит от числа абонентов, обслуживаемых с одного ответвителя. Как правило, это число не более четырех, следовательно минимальное количество абонентских пассивных будет равно:

$$N_{\text{п}} = 20000/4 = 5000.$$

Таким образом, во всей системе, включающей 5 таких сегментов, потребуется установить около 2000 домовых усилителей, 500 магистральных усилителей и 25000 абонентских распределительных устройств. В зависимости от типа застройки эти оценки могут изменяться.

## Практическое занятие №2.

### **Проектирование и расчёт домового распределительной сети.**

Проектирование сети кабельного телевидения осуществляется в соответствии с требованиями нормативных документов, приведенных в списке использованных источников.

Источником сигнала для создаваемой сети является сигнал, полученный с узловой головной станции, расположенного по адресу: 11-линия В.О. дом 4 лит.А.

Головная станция: совокупность технических средств и устройств, обеспечивающих усиление, преобразование и формирование радиосигналов телевидения, радиовещания, обработку других радиосигналов,- часть кабельной распределительной сети. В соответствии с классом системы кабельного телевидения головные станции подразделяют на центральную, узловую и местную. Головная станция включена между выходами источников сигналов и входом линейной сети.

Узловая головная станция: Головная станция городской кабельной распределительной сети, включённая между выходом транспортной сети (выходами источников сигналов) и входом волоконно-оптической или коаксиальной магистральной сети.

Сигнал от узловой головной станции поступает в магистральную оптоволоконную сеть, прокладываемую в кабельную канализацию.

Широкополосный сигнал по магистральной сети подаётся в дома находящиеся в зоне действия данной узловой головной станции. В каждом доме производится ответвление сигнала с уровнем, достаточным для подачи на установленный там домовый усилитель. После каждого домового усилителя строится домовая распределительная сеть (ДРС) - совокупность технических средств, устройств и кабельных линий сети между домовым вводом и выходом абонентского ответвителя.

Проектируемая система, помимо прямого канала (от узловой головной станции к абоненту) в диапазоне 54-870 МГц, также позволяет организовать обратный канал (от абонента к узловой головной станции) в диапазоне 5-40 МГц. Для этого усилители комплектуются модулями обратного канала. По окончании строительства сети производится настройка обратного канала.

Для начала проектирования необходимо исследовать:

- 1) карту участка;
- 2) список административных или строительных адресов жилых и общественных зданий, включаемых в зону действия проектируемой сети;
- 3) данные обхода картографа, содержащие расположение квартир и подъездов в домах, стояков и расстояния между ними в подъезде, высоту этажа, а также возможные пути прокладки магистрального кабеля между зданиями;
- 4) Количество абонентов

В таблице 1 приведен адресный список домов, входящих в проект, с указанием расчетного числа абонентов:

Таблица 1.

Адресный список. Средний проспект В.О. дом 85

Блок/Подъезд	Количество квартир	Расчетное количество абонентов*
Блок 1	56	56
Блок 2	66	66
Блок 3 (1-2)	72	72
Блок 3 (3)	35	35
Блок 3 (4-5)	72	72
Блок 4	54	54
Блок 5	66	66
Блок 6 (1-2)	72	72
Блок 6 (3)	35	35
Блок 6 (4-5)	72	72

**Всего абонентов: 600**

**\*Количество абонентов рассчитывается исходя из количества квартир в блоках.**

### **Расчёт домовый распределительной сети.**

Рассчитаем ДРС организованную по схеме «дерево». Домовой усилитель (ДУ) устанавливается на первом этаже здания, абонентские ответвители – на каждом этаже, причём на последнем этаже устанавливается абонентский ответвитель с минимальными потерями на отвод.

Основные принципы построения ДРС описаны в п. 2.1.2.

В результате расчёта определяются номиналы абонентских ответвителей и минимальный уровень на входе УД, исходя из норм уровней сигналов на выходе абонентских ответвителей, указанных в техническом задании.

Исходными данными для расчёта ДРС являются: количество квартир на этаже; количество подъездов; количество стояков в подъезде; высота этажа; расстояние между подъездами.

Количество отводов на этаж будем рассчитывать исходя из требования заказчика, т.е. по одному отводу на квартиру. При увеличении договоров на подключение производить замену ответвителя с нужным количеством отводов.

Таблица 11.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 1.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
------	-----------------------------	--------------------

1	4	4
2	4	4
3	6	6
4	6	6
5	6	6
6	6	6
7	6	6
8	6	6
9	4	4

Таблица 12.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 2.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	4	4
2	2	2
3	8	8
4	8	8
5	8	8
6	8	8
7	8	8
8	8	8
9	2	2

Таблица 13.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 3, подъезды: 1, 2, 4, 5.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	2	2
2	2	2
3	5	6
4	5	6
5	5	6
6	5	6
7	5	6
8	5	6
9	2	2

Таблица 14.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 3, подъезд 3.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	2	2
2	2	2
3	3	3
4	3	3
5	3	3
6	3	3
7	3	3
8	3	3
9	3	3
10	2	2
11	2	2
12	2	2
13	2	2
14	2	2

Таблица 15.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 5.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	4	4
2	2	2
3	8	8
4	8	8
5	8	8
6	8	8
7	8	8
8	8	8
9	2	2

Таблица 16.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 4.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	-	1
2	-	1
3	4	4
4	4	4
5	4	4

6	4	4
7	4	4
8	3	3

Продолжение табл.16

9	3	3
10	3	3
11	3	3
12	2	2
13	2	2
14	1	1
15	2	2
16	2	2

Таблица 17.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 5.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	4	4
2	2	2
3	8	8
4	8	8
5	8	8
6	8	8
7	8	8
8	8	8
9	2	2

Таблица 18.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 6, подъезды: 1, 2, 4, 5.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	2	2
2	2	2
3	5	6
4	5	6
5	5	6
6	5	6
7	5	6
8	5	6
9	2	2

Таблица 19.

Исследование на Среднем пр.В.О. дом 85, блок 6, подъезд 3.

Этаж	Количество квартир на этаже	Количество отводов
1	2	2
2	2	2
3	3	3
4	3	3
5	3	3
6	3	3
7	3	3
8	3	3
9	3	3
10	2	2
11	2	2
12	2	2
13	2	2
14	2	2

При строительстве ДРС используется пассивное оборудование фирмы «RTM» (США), на первом этаже второго подъезда устанавливается усилитель фирмы «Планар». Между этажами и в распределительном щите прокладывается кабель F650BV, между подъездами, усилителем и изолятором, между стояками внутри подъезда, а также от усилителя до первого ответвителя – кабель F1160BE производства фирмы «CommScore» (США).

Для примера произведём расчет ДРС в блоке № 3. В таблицах 13 и 14 приведены исследования на этот дом и произведена оценка количества необходимых отводов

Высота лестничного пролёта: 3м

Блок № 3 включает в себя 3 подъезда. Расстояние между подъездами 25 метров, с учётом необходимого запаса (2-3 метра).

Количество стояков на подъезд: 1

Домовой усилитель устанавливаем во 2 подъезде.

Сначала производится расчёт вертикальной части стояка с подбором номиналов ответвителей. Уровень сигнала на выходе ответвителя абонентского (ОА) на этаже N в общем виде рассчитывается по формуле:



$$U_{\text{ВЫХОА}N} = U_{\text{ВЫХОА}N-1} + L_{\text{ОТВ ОА}N-1} + \alpha_{\text{КАБ}} \ell_{\text{КАБ}}/100 + L_{\text{ПРОА}N} - L_{\text{ОТВОА}N} \quad (6)$$

где  $U_{\text{ВЫХОА}N}$  - уровень сигнала на выходе (отводе) ОА на этаже  $N$  (дБмкВ);

$L_{\text{ОТВ ОА}N-1}$  - потери на отвод ОА на этаже  $N - 1$  (дБ);

$\alpha_{\text{КАБ}}$  - потери в кабеле на частоте, для которой производится расчет (дБ/м);

$\ell_{\text{КАБ}}$  - высота межэтажного пролета здания (м);

$L_{\text{ПРОА}N}$  - потери на проход ОА на этаже  $N$  на расчетной частоте (дБ).

Характеристики используемого оборудования приведены в п.2.2. (см. таблицы 2, 3, 4, 5, 7,8,9,10).

1) Произведём расчёт вертикального стояка в третьем подъезде на частоте 862 МГц.

С первого по четырнадцатый этаж поставим следующие ответвители: ТАН232F (1, 2 этажи), ТАН327F (3, 4 этажи), ТАН324F (5, 6 этажи), ТАН320F (7, 8, 9 этажи), ТАН216F (10, 11 этажи), ТАН212F (12 этаж), ТАН208F (13, 14 этажи)

Если на выходе ТАН208F 14го этажа задаётся уровень 64дБмкВ, то на 13ом этаже, на выходе ТАН208F расчётный уровень на частоте 862 МГц, преобразуя формулу (6), составит:

$$U_{\text{ВЫХОА}13} = U_{\text{ВЫХОА ТАН208F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН208F}} + \alpha_{\text{КАБ}} \ell_{\text{КАБ}}/100 + L_{\text{ПРОА ТАН208F}} - L_{\text{ОТВОА ТАН208F}} \quad (7)$$

$$U_{\text{ВЫХОА}13} = 64 + 8,5 + 20,01 \times 3,0/100 + 3,3 - 8,5 = 67,9 \text{ (дБмкВ)}.$$

Аналогично на 12ом этаже рассчитывается уровень на выходе ТАН212F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА}12} = U_{\text{ВЫХОА ТАН208F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН208F}} + \alpha_{\text{КАБ}} \ell_{\text{КАБ}}/100 + L_{\text{ПРОА ТАН212F}} - L_{\text{ОТВОА ТАН212F}} \quad (8)$$

$$U_{\text{ВЫХОА}12} = 67,9 + 8,5 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 12,5 = 66,5 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 11 этаже, рассчитывается на выходе ТАН216F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА}11} = U_{\text{ВЫХОА ТАН212F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН212F}} + \alpha_{\text{КАБ}} \ell_{\text{КАБ}}/100 + L_{\text{ПРОА ТАН216F}} - L_{\text{ОТВОА ТАН216F}} \quad (9)$$

$$U_{\text{ВЫХОА}11} = 66,5 + 12,5 + 20,01 \times 3,0/100 + 1,6 - 16,0 = 65,2 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 10 этаже, рассчитывается на выходе ТАН216F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА}10} = U_{\text{ВЫХОА ТАН216F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН216F}} + \alpha_{\text{КАБ}} \ell_{\text{КАБ}}/100 + L_{\text{ПРОА ТАН216F}} - L_{\text{ОТВОА ТАН216F}} \quad (10)$$

$$U_{\text{ВЫХОА}10} = 65,2 + 16,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 1,6 - 16,0 = 67,4 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 9 этаже, рассчитывается на выходе ТАН320F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА}9} = U_{\text{ВЫХОА ТАН216F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН216F}} + \alpha_{\text{КАБ}} \ell_{\text{КАБ}}/100 + L_{\text{ПРОА ТАН320F}} - L_{\text{ОТВОА ТАН320F}} \quad (11)$$

$$U_{\text{ВЫХОА}9} = 67,4 + 16,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 20,0 = 66,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 8 этаже, рассчитывается на выходе ТАН320F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 8}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН320F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН320F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН320F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН320F}}$$

(12)

$$U_{\text{ВЫХОА 8}} = 66,0 + 20,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 20,0 = 68,6 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 7 этаже, рассчитывается на выходе ТАН320F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 7}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН320F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН320F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН320F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН320F}}$$

(13)

$$U_{\text{ВЫХОА 7}} = 68,6 + 20,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 20,0 = 71,2 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 6 этаже, рассчитывается на выходе ТАН324F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 6}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН320F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН320F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН324F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН324F}}$$

(14)

$$U_{\text{ВЫХОА 6}} = 71,2 + 20,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 24,0 = 69,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 5 этаже, рассчитывается на выходе ТАН324F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 5}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН324F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН324F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН324F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН324F}}$$

(15)

$$U_{\text{ВЫХОА 5}} = 71,2 + 24,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 24,0 = 72,4 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 4 этаже, рассчитывается на выходе ТАН327F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 4}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН324F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН324F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН327F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН327F}}$$

(16)

$$U_{\text{ВЫХОА 4}} = 72,4 + 24,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 27,0 = 72,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 3 этаже, рассчитывается на выходе ТАН327F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 3}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН327F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН327F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН327F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН327F}}$$

(17)

$$U_{\text{ВЫХОА 3}} = 72,0 + 27,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 27,0 = 74,6 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 2 этаже, рассчитывается на выходе ТАН232F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 2}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН327F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН327F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН232F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН232F}}$$

(18)

$$U_{\text{ВЫХОА 2}} = 74,6 + 27,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 32,0 = 72,2 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 1 этаже, рассчитывается на выходе ТАН232F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА 1}} = U_{\text{ВЫХОА ТАН232F}} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН232F}} + \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 + L_{\text{ПРОВА ТАН232F}} - L_{\text{ОТВОВА ТАН232F}}$$

(19)

$$U_{\text{ВЫХОА 1}} = 72,2 + 32,0 + 20,01 \times 3,0/100 + 2,0 - 32,0 = 74,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

Необходимый уровень сигнала на входе стояка составит:

$$U_{\text{СТЗ}} = U_{\text{ВЫХОА 1}} + L_{\text{ОТВ ОА 1}} + L_{\text{ФВЧ}}$$

(20)

$$U_{\text{СТЗ}} = 74,8 + 32,0 + 1,0 = 107,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

$L_{ФВЧ}$  - потери, вносимые фильтром высоких частот, принимаем равными 1,0 дБ.

2) После расчёт стояка просчитывается горизонтальная разводка ДРС. В данном примере с выхода УД сигнал подаётся на 5 стояков.

Для равномерного распределения сигналов усилитель лучше всего устанавливать в центре дома. Если УД устанавливается не в центре здания, а в крайних подъездах, равномерное распределение сигналов между стояками осуществляется с помощью направленных ответвителей.

В этом случае сигнал с выхода УД делится на пять направлений с помощью ответвителя и распределителя на 4 направления. Длина кабеля от распределителя до входов стояков в 1ом и 5ом подъезде и в 2ом и 4ом одинакова и составляет соответственно 50м и 25м.

Рассчитаем необходимый уровень сигнала с выхода домового усилителя на частоте 862 МГц для подачи на вход стояка №3, при установке ответвителя ТАН108F:

$$U_{\text{ВЫХ УД 862}} = U_{\text{СТЗ}} + \alpha_{F650BV} \ell_{F650BV} / 100 + L_{\text{ОТВТАН108F}} \quad (21)$$

$$U_{\text{ВЫХ УД 862}} = 107,8 + 20,01 \times 1/100 + 8,5 = 116,5 \text{ (дБмкВ)}.$$

Исходя из уровня выходного сигнала домового усилителя рассчитываем значения уровней пришедших на стояки в 1ом, 2ом, 4ом и 5ом подъездах.

$$U_{\text{СТ2,4}} = U_{\text{ВЫХ УД 862}} - L_{\text{САН408F}} - \alpha_{F1160BE} \ell_{F1160BE} / 100 - L_{\text{ПРТАН108F}} \quad (22)$$

$$U_{\text{СТ2,4}} = 116,5 - 7,5 - 13,03 \times 25/100 - 1,7 = 104,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

$$U_{\text{СТ1,5}} = U_{\text{ВЫХ УД 862}} - L_{\text{САН408F}} - \alpha_{F1160BE} \ell_{F1160BE} / 100 - L_{\text{ПРТАН108F}} \quad (23)$$

$$U_{\text{СТ1,5}} = 116,5 - 7,5 - 13,03 \times 50/100 - 1,7 = 100,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

3) Рассчитаем вертикальный стояк во 2ом и 4ом подъездах:

С первого по девятый этаж ставим следующие ответвители: ТАН224F (1,2 этажи)

ТАН620F(3,4 этажи) ТАН616F(5,6 этажи) ТАН612F(7,8 этажи) ТАН208F (9 этаж).

Если на вход 2го стояка приходит уровень 104,0 дБмкВ, то на 1ом этаже, на выходе ТАН224F расчётный уровень на частоте 862 МГц, составит:

$$U_{\text{ВЫХОА 1}} = U_{\text{СТ2,4}} - L_{\text{ОТВ ОА ТАН224F}} - L_{\text{ФВЧ}} \quad (24)$$

$$U_{\text{выхОА } 1} = 104,0 - 24 - 1 = 79,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 2ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН224F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 2} = U_{\text{выхОА ТАН224F}} + L_{\text{отв ОА ТАН224F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН224F}} - L_{\text{отвОА ТАН224F}}$$

(25)

$$U_{\text{выхОА } 2} = 79,0 + 24,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 24,0 = 76,4 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 3ем этаже, рассчитывается на выходе ТАН620F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 3} = U_{\text{выхОА ТАН224F}} + L_{\text{отв ОА ТАН224F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН224F}} - L_{\text{отвОА ТАН620F}}$$

(26)

$$U_{\text{выхОА } 3} = 76,4 + 24,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 20,0 = 77,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 4ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН620F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 4} = U_{\text{выхОА ТАН620F}} + L_{\text{отв ОА ТАН620F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН620F}} - L_{\text{отвОА ТАН620F}}$$

(27)

$$U_{\text{выхОА } 4} = 77,8 + 20,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 20,0 = 75,2 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 5ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН616F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 5} = U_{\text{выхОА ТАН620F}} + L_{\text{отв ОА ТАН620F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН620F}} - L_{\text{отвОА ТАН616F}}$$

(28)

$$U_{\text{выхОА } 5} = 75,2 + 20,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 16,0 = 76,6 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 6ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН616F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 6} = U_{\text{выхОА ТАН616F}} + L_{\text{отв ОА ТАН616F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН616F}} - L_{\text{отвОА ТАН616F}}$$

(29)

$$U_{\text{выхОА } 6} = 76,6 + 16,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,0 - 16,0 = 73,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 7ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН612F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 7} = U_{\text{выхОА ТАН616F}} + L_{\text{отв ОА ТАН616F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН616F}} - L_{\text{отвОА ТАН612F}}$$

(30)

$$U_{\text{выхОА } 7} = 73,0 + 16,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,0 - 12,0 = 73,4 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 8ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН612F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 8} = U_{\text{выхОА ТАН612F}} + L_{\text{отв ОА ТАН612F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН612F}} - L_{\text{отвОА ТАН612F}}$$

(31)

$$U_{\text{выхОА } 8} = 73,4 + 12,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,1 - 12,0 = 69,7 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 9ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН208F на частоте 862

МГц:

$$U_{\text{выхОА } 9} = U_{\text{выхОА ТАН612F}} + L_{\text{отв ОА ТАН612F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН612F}} - L_{\text{отвОА ТАН208F}} \quad (32)$$

$$U_{\text{выхОА } 9} = 69,7 + 12,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,1 - 8,5 = 69,5 \text{ (дБмкВ)}.$$

4) Рассчитаем вертикальный стояк в 1ом и 5ом подъездах:

С первого по девятый этаж ставим следующие ответвители: ТАН224F (1,2 этажи)

ТАН620F(3,4 этажи) ТАН616F(5,6 этажи) ТАН612F(7,8 этажи) ТАН208F (9 этаж).

Если на вход 1го стояка приходит уровень 100,8 дБмкВ, то на 1ом этаже, на выходе ТАН224F расчётный уровень на частоте 862 МГц, составит:

$$U_{\text{выхОА } 1} = U_{\text{ст2,4}} - L_{\text{отв ОА ТАН224F}} - L_{\text{ФВЧ}} \quad (33)$$

$$U_{\text{выхОА } 1} = 100,8 - 24 - 1 = 75,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 2ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН224F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 2} = U_{\text{выхОА ТАН224F}} + L_{\text{отв ОА ТАН224F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН224F}} - L_{\text{отвОА ТАН224F}} \quad (34)$$

$$U_{\text{выхОА } 2} = 75,8 + 24,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 24,0 = 73,2 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 3ем этаже, рассчитывается на выходе ТАН620F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 3} = U_{\text{выхОА ТАН224F}} + L_{\text{отв ОА ТАН224F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН224F}} - L_{\text{отвОА ТАН620F}} \quad (35)$$

$$U_{\text{выхОА } 3} = 73,2 + 24,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 20,0 = 74,6 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 4ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН620F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 4} = U_{\text{выхОА ТАН620F}} + L_{\text{отв ОА ТАН620F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН620F}} - L_{\text{отвОА ТАН620F}} \quad (36)$$

$$U_{\text{выхОА } 4} = 74,6 + 20,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 20,0 = 72,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 5ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН616F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 5} = U_{\text{выхОА ТАН620F}} + L_{\text{отв ОА ТАН620F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН620F}} - L_{\text{отвОА ТАН616F}} \quad (37)$$

$$U_{\text{выхОА } 5} = 72,0 + 20,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 2,0 - 16,0 = 73,4 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 6ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН616F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{выхОА } 6} = U_{\text{выхОА ТАН616F}} + L_{\text{отв ОА ТАН616F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН616F}} - L_{\text{отвОА ТАН616F}} \quad (38)$$

$$U_{\text{выхОА } 6} = 73,4 + 16,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,0 - 16,0 = 69,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 7ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН612F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА } 7} = U_{\text{ВЫХОА ТАН616F}} + L_{\text{отв ОА ТАН616F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН616F}} - L_{\text{отвОА ТАН612F}} \quad (39)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 7} = 69,8 + 16,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,0 - 12,0 = 70,2 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 8ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН612F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА } 8} = U_{\text{ВЫХОА ТАН612F}} + L_{\text{отв ОА ТАН612F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН612F}} - L_{\text{отвОА ТАН612F}} \quad (40)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 8} = 70,2 + 12,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,1 - 12,0 = 66,5 \text{ (дБмкВ)}.$$

Уровень на 9ом этаже, рассчитывается на выходе ТАН208F на частоте 862 МГц:

$$U_{\text{ВЫХОА } 9} = U_{\text{ВЫХОА ТАН612F}} + L_{\text{отв ОА ТАН612F}} - \alpha_{\text{каб}} \ell_{\text{каб}}/100 - L_{\text{прОА ТАН612F}} - L_{\text{отвОА ТАН208F}} \quad (41)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 9} = 66,5 + 12,0 - 20,01 \times 3,0/100 - 3,1 - 8,5 = 66,3 \text{ (дБмкВ)}.$$

5) Аналогично рассчитываются уровни сигналов на нижней частоте 47 МГц.

Для примера произведем расчет вертикального стояка в третьем подъезде:

Итак, уровень сигнала на выходе УД на частоте 47 МГц:

$$U_{\text{ВЫХ УД } 47} = U_{\text{ВЫХ УД } 862} - m, \quad (42)$$

где  $m$  – наклон АЧХ, вносимые предискажения уровня сигнала на выходе домового усилителя для компенсации больших перекосов уровней сигналов на верхней и нижней частоте. Наклон АЧХ выставляется равным 4 дБ в сторону понижения уровней сигналов на частоте 47 МГц (в зависимости от входного сигнала из магистрали может быть выставлен 6 дБ).

$$U_{\text{ВЫХ УД } 47} = 116,5 - 4 = 112,5 \text{ (дБмкВ)}.$$

1-ый этаж (ТАН232F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 1} = U_{\text{ВЫХ УД } 47} - L_{\text{отв ОА ТАН108F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{ФВЧ}} - L_{\text{отв ОА ТАН232F}} \quad (43)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 1} = 112,5 - 8,5 - 2,16 \times 1/100 - 1,0 - 32 = 71,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

2-ой этаж (ТАН232F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 2} = U_{\text{ВЫХОА } 1} + L_{\text{отв ОА ТАН232F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН232F}} - L_{\text{отв ОА ТАН232F}} \quad (44)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 2} = 71,0 + 32,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,3 - 32 = 69,7 \text{ (дБмкВ)}.$$

3-ий этаж (ТАН327F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 3} = U_{\text{ВЫХОА } 2} + L_{\text{отв ОА ТАН232F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН232F}} - L_{\text{отв ОА ТАН327F}} \quad (45)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 3} = 69,7 + 32,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,3 - 27 = 73,3 \text{ (дБмкВ)}.$$

4-ый этаж (ТАН327F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 4} = U_{\text{ВЫХОА } 3} + L_{\text{ОТВ ОА ТАН327F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН327F}} - L_{\text{отв ОА ТАН327F}} \quad (46)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 4} = 73,3 + 27,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,2 - 27 = 72,1 \text{ (дБмкВ)}.$$

5-ый этаж (ТАН324F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 5} = U_{\text{ВЫХОА } 4} + L_{\text{отв ОА ТАН327F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН327F}} - L_{\text{отв ОА ТАН324F}} \quad (47)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 5} = 72,1 + 27,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,2 - 24 = 73,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

6-ой этаж (ТАН324F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 6} = U_{\text{ВЫХОА } 5} + L_{\text{отв ОА ТАН324F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН324F}} - L_{\text{отв ОА ТАН324F}} \quad (48)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 6} = 73,8 + 24,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,2 - 24 = 72,6 \text{ (дБмкВ)}.$$

7-ой этаж (ТАН320F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 7} = U_{\text{ВЫХОА } 6} + L_{\text{отв ОА ТАН324F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН324F}} - L_{\text{отв ОА ТАН320F}} \quad (49)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 7} = 72,6 + 24,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,2 - 20 = 75,3 \text{ (дБмкВ)}.$$

8-ой этаж (ТАН320F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 8} = U_{\text{ВЫХОА } 7} + L_{\text{отв ОА ТАН320F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН320F}} - L_{\text{отв ОА ТАН320F}} \quad (50)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 8} = 75,3 + 20,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,3 - 20 = 74,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

9-ый этаж (ТАН320F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 9} = U_{\text{ВЫХОА } 8} + L_{\text{отв ОА ТАН320F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН320F}} - L_{\text{отв ОА ТАН320F}} \quad (51)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 9} = 74,0 + 20,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,3 - 20 = 72,6 \text{ (дБмкВ)}.$$

10-ый этаж (ТАН216F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 10} = U_{\text{ВЫХОА } 9} + L_{\text{отв ОА ТАН320F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН320F}} - L_{\text{отв ОА ТАН216F}} \quad (52)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 10} = 72,6 + 20,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,3 - 16 = 75,3 \text{ (дБмкВ)}.$$

11-ый этаж (ТАН216F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 11} = U_{\text{ВЫХОА } 10} + L_{\text{отв ОА ТАН216F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН216F}} - L_{\text{отв ОА ТАН216F}} \quad (53)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 11} = 75,3 + 16,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,2 - 16 = 74,0 \text{ (дБмкВ)}.$$

12-ый этаж (ТАН212F):

$$U_{\text{ВЫХОА } 12} = U_{\text{ВЫХОА } 11} + L_{\text{отв ОА ТАН216F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОА ТАН216F}} - L_{\text{отв ОА ТАН212F}} \quad (54)$$

$$U_{\text{ВЫХОА } 12} = 74,0 + 16,0 - 2,0 \times 3/100 - 1,2 - 12,5 = 76,3 \text{ (дБмкВ)}.$$

13-ый этаж (ТАН208F):

$$U_{\text{выхОА } 13} = U_{\text{выхОА}12} + L_{\text{отв ОА ТАН212F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОАТАН212F}} - L_{\text{отв ОА ТАН208F}} \quad (55)$$

$$U_{\text{выхОА } 13} = 76,3 + 12,5 - 2,0 \times 3/100 - 1,4 - 8,5 = 78,8 \text{ (дБмкВ)}.$$

14-ый этаж (ТАН208F):

$$U_{\text{выхОА } 14} = U_{\text{выхОА}13} + L_{\text{отв ОА ТАН208F}} - \alpha_{\text{F650BV}} \ell_{\text{F650BV}} / 100 - L_{\text{пр. ОАТАН208F}} - L_{\text{отв ОАТАН208F}} \quad (56)$$

$$U_{\text{выхОА } 14} = 78,8 + 8,5 - 2,0 \times 3/100 - 2,6 - 8,5 = 76,2 \text{ (дБмкВ)}.$$

Результаты расчётов на блок №3 приведены в таблицах № 20,21,22.

Таблица 20.

Расчёты на блок № 3, подъезд 3

Этаж	Вид ответвителя	Выходной уровень сигнала абонентского ответвителя $U_{\text{выхОА}}$ (дБмкВ), на частоте:	
		862МГц	47МГц
1	ТАН232F	74,8	71
2	ТАН232F	72,2	69,7
3	ТАН327F	74,6	73,3
4	ТАН327F	72,0	72,1
5	ТАН324F	72,4	73,8
6	ТАН324F	69,8	72,6
7	ТАН320F	71,2	75,3
8	ТАН320F	68,6	74,0
9	ТАН320F	66,0	72,6
10	ТАН216F	67,4	75,3
11	ТАН216F	65,2	74,0
12	ТАН212F	66,5	76,3
13	ТАН208F	67,9	78,8
14	ТАН208F	64,0	76,2

Таблица 21.

Расчёты на блок № 3, подъезды 2,4.

Этаж	Вид ответвителя	Выходной уровень сигнала абонентского ответвителя $U_{\text{выхОА}}$ (дБмкВ), на частоте:	
		862МГц	47МГц
1	ТАН2224F	79,0	75,0
2	ТАН224F	76,4	73,7
3	ТАН620F	77,8	76,3
4	ТАН620F	75,2	74,8
5	ТАН616F	76,6	77,2
6	ТАН616F	73,0	74,7
7	ТАН612F	73,4	76,1
8	ТАН612F	69,7	73,5



9	ТАН208F	69,5	74.3
---	---------	------	------

Таблица 22.

Расчёты на блок № 3, подъезды 1,5.

Этаж	Вид ответвителя	Выходной уровень сигнала абонентского ответвителя $U_{\text{выхОА}}$ (дБмкВ), на частоте:	
		862МГц	47МГц
1	ТАН2224F	75,8	71,8
2	ТАН224F	73.2	70.5
3	ТАН620F	74.6	73.1
4	ТАН620F	72,0	71.6
5	ТАН616F	73.4	74,0
6	ТАН616F	69.8	71.5
7	ТАН612F	70.2	72.9
8	ТАН612F	66.5	70.3
9	ТАН208F	66.3	71.1

Все ДРС остальных блоков рассчитаны аналогично и приведены ниже в таблицах № 23, 24, 25;

Таблица 23.

Расчёты на блок № 1.

Этаж	Вид ответвителя	Выходной уровень сигнала абонентского ответвителя $U_{\text{выхОА}}$ (дБмкВ), на частоте:	
		862МГц	47МГц
1	ТАН 424F	76.2	73.2
2	ТАН424F	74.7	72.4
3	НАН620F	77.2	75.5
4	ТАН620F	74.7	74.0
5	ТАН616F	76.2	76.4
6	ТАН616F	72.7	73.9
7	ТАН612F	73.2	75.3
8	ТАН612F	69.6	72.7
9	ТАН410F	68	71.2
УСТ=101,2 дБмкВ			

Таблица 24.

Расчёты на блок № 2.

Этаж	Вид ответвителя	Выходной уровень сигнала абонентского ответвителя $U_{\text{выхОА}}$ (дБмкВ), на частоте:	
		862МГц	47МГц
1	ТАН427F	75.5	71.5
2	ТАН224F	75.9	73.7
3	ТАН820F	77.3	76.3
4	ТАН820F	74.5	74.8
5	ТАН820F	71.7	73.2
6	ТАН820F	68.9	71.7
7	ТАН816F	70.1	74.1
8	ТАН816F	65.3	70.9
9	НАН212F	64	71.1
УСТ=103.5 дБмкВ			

Таблица 25.

Расчёты на блок № 4.

Этаж	Вид ответвителя	Выходной уровень сигнала абонентского ответвителя $U_{\text{выхОА}}$ (дБмкВ), на частоте:	
		862МГц	47МГц
1	ТАН128F	77.6	74.6
2	ТАН128F	75.9	73.8
3	ТАН427F	75.2	73.9
4	ТАН427F	73.7	73.1
5	ТАН242F	75.2	75.2
6	ТАН424F	73.7	74.4
7	ТАН424F	72.2	73.5
8	ТАН320F	74.7	76.7
9	ТАН320F	72.2	75.3
10	ТАН320F	69.7	74.0
11	ТАН320F	66.7	72.6
12	ТАН216F	68.7	75.3
13	ТАН216F	66.6	74.0
14	ТАН112F	68.5	76.8
15	ТАН212F	66.5	75.4
16	ТАН208F	68	78

УСТ=106,6дБмкВ

Так как блок 2 идентичен блоку 5 и блок 3 идентичен блоку 6, то и расчётные уровни у них идентичны, см. таблицы № 21,22,24.

Проверим расчёты на соответствие приведённым в техническом задании нормам.

В диапазоне частот от 40 до 1000МГц все расчетные уровни должны удовлетворять интервалу от 60дБмкВ до 80дБмкВ. Это условие выполняется.

По найденному значению минимального выходного уровня усилителя на частоте 862МГц выбирается его тип - SU1000 мод.1005-30 (т.к. максимальное значение  $U_{\text{вых}} \text{ уд } 862$  составляет 119дБмкВ)

К расчётам на блок №3 (Средней проспект В.О., дом 86) прилагается схема в приложение 1.

### **Расчёт оптического бюджета магистрального участка.**

Основные принципы построения магистрали описаны в п..

При строительстве магистрали используем оптический кабель марки ОПС-024Т12-02-4,0/0,6 производства ЗАО «ОКС 01» и оптический делитель SW1x6 с ослаблением на выходах 7.7 дБ фирмы LANS.

Расчёт магистрали сводится к расчёту мощности на выходе узловой головной станции.

Источником сигнала является узловая головная станция "Планар СГ24", с выходным уровнем 98-118дБмкВ.

Выбрав тип оптического приёмника и рассчитав необходимый входной уровень, рассчитываем уровень на выходе узловой головной станции по следующей формуле:

$$P_{\text{вых.ГС.}}(\text{дБмкВ}) = P_{\text{вых.пр.}} + a_{\text{ов}} \times L + a_{\text{нк}} \times N_{\text{нк}} + L_{\text{сп}}, \text{ где}$$

$P_{\text{вых.пр.}}$  – выходной уровень оптического приемника, дБмкВ;

$a_{\text{ов}}$  – погонное затухание оптического волокна, дБ/км;

$L$  – длина проложенного оптического кабеля между оптическим передатчиком и максимально удаленным оптическим приемником (узлом), м;

$a_{\text{нк}}$  – затухание в разъёмных соединителях (патчкордах), дБ;

$N_{\text{нк}}$  – число разъёмных соединителей;

$L_{\text{сп}}$  – потери, вносимые оптическим ответвителем (сплиттером)

Согласно расчётам п. 2.2. максимальный уровень, требуемый на входе оптического приёмника, расположенного в блоке №2, составляет 103,5дБмкВ + 2дБ (запас), подставим значение в формулу ...

$$P_{\text{вых.ГС.}}(\text{дБмкВ}) = 105,5 + 0,36 \times 2,1 + 0,4 \times 2 + 7,7 = 114,8(\text{дБмкВ})$$

Таким образом получаем, что минимальный уровень сигнала, который необходимо подать с выхода узловой ГС в линию, составляет 114,8дБмкВ.