

УДК 621.391

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОТЯЖЁННОСТИ АБОНЕНТСКИХ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ
ЛИНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕТИ ДОСТУПА
С УЧЁТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ НАСЕЛЁННОГО ПУНКТА**

Маммадов Э.М.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Ковальская, 1.
mem.rabita@mail.ru*

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРОТЯЖНОСТІ АБОНЕНТСЬКИХ ТА З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЛІНІЙ
ПРИ ПРОЕКТУВАННІ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ
З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ**

Мамадов Е.М.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
65209, Україна, м. Одеса, вул. Ковальська, 1.
mem.rabita@mail.ru*

**CALCULATION OF THE SUBSCRIBER AND TRUNK LINES LENGTH IN ACCESS
NETWORK DESIGN PROCESS TAKING INTO ACCOUNT OF CITY SPECIFICS**

Mammadov E.M.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kovalska St., 65029, Odessa, Ukraine.
mem.rabita@mail.ru*

Аннотация. Приведён ряд аналитических выражений, которые позволяют определить протяжённость абонентских и соединительных линий, а также объём строительства канализационных сооружений для их монтажа на основе сведений о количестве мест для установки активного оборудования доступа, а также о наличии инфраструктуры в определённом населённом пункте и используемой технологии доступа. Представлены алгоритмы, которые могут быть использованы в качестве составной части методики выбора наиболее перспективной для конкретного населённого пункта технологии доступа. В основу используемого в алгоритмах подхода положен принцип равномерного распределения абонентов по всей площади, охватываемой оборудованием организации доступа, таким как коммутаторы Ethernet или мультиплексоры цифровых абонентских линий.

Ключевые слова: абонентские линии, соединительные линии, проектирование, алгоритм, выбор технологии доступа.

Анотація. Наведено низку аналітичних виразів, що дозволяють визначити протяжність абонентських та з'єднувальних ліній, а також обсяг будівництва каналізаційних споруд для їх монтажу на основі відомостей про кількість місць для встановлення активного обладнання доступу, а також про наявність інфраструктури в певному населеному пункті і використовуваної технології доступу. Представлено алгоритми, які можуть бути використані як складова частина методики вибору найбільш перспективної для конкретного населеного пункту технології доступу. В основу використовуваного в алгоритмах підходу покладено принцип рівномірного розподілу абонентів по всій площі, охопленої обладнанням організації доступу, таким як комутатори Ethernet або мультиплексори цифрових абонентських ліній.

Ключові слова: абонентські лінії, з'єднувальні лінії, проектування, алгоритм, вибір технології доступу.

Abstract. An number of analytical expressions that allow to determine the subscriber and trunk lines length and places for its installation on the basis of information about the number of active access equipment and about infrastructure taking into account of city specifics. An algorithms used as part of the method of

choosing of the most promising techniques for particular locality and access technologies. The approach used in the algorithms based on the principle of uniform distribution of subscribers via the area encompassed by accessing hardware such as Ethernet switches or digital subscriber lines multiplexers.

Key words: subscriber lines, trunk lines, network design, algorithm, choosing of network access technology.

Одним из наиболее перспективных направлений развития технологий проектирования телекоммуникационных сетей является формализация конкретных процедур вычисления опорных характеристик, используемых в данном процессе. Этот шаг позволяет не только существенно снизить уровень субъективности решений, принимаемых проектировщиком, например, при сравнении тех либо иных технологических решений, а и может быть использован в качестве основы для автоматизации процесса проектирования с целью снижения себестоимости этого процесса.

Разработанная на предыдущих стадиях исследования [1, 2] методика выбора наиболее перспективной для конкретного населённого пункта технологии доступа, позволяет проектировщику (или собственнику сети) не только принять решение относительно подходов к строительству сети доступа, а и оценить ключевые технические и экономические показатели этого процесса. Составляющими элементами этого процесса являются алгоритмы определения ключевых количественных характеристик проектируемой сети, таких как количество активного оборудования доступа и мест для его установки, протяжённость каналов связи и кабельной канализации и т.д.

Целью данной статьи является детализация метода выбора технологических решений в части определения протяжённости абонентских и соединительных линий, а также объёма строительства канализационных сооружений для их монтажа в зависимости от параметров населённого пункта и используемой технологии доступа.

Предлагаемые алгоритмы (рис. 1, 2) базируются на использовании параметров населённого пункта (НП) [1], параметров технологии доступа, а также на основе сведений про количество единиц активного оборудования и мест для его установки, используемых для разворачивания сети доступа. Очевидно, что предлагаемые алгоритмы будут применяться лишь для случая, когда средой передачи для организации абонентских или соединительных линий являются медные либо волоконно-оптические кабели.

На рис. 1 представлен алгоритм определения протяжённости абонентских линий и объёма строительства канализации для их прокладки. В основу используемого в алгоритме подхода положен принцип равномерного распределения абонентов по всей площади, охватываемой оборудованием организации доступа (ООД), таким как коммутатор Ethernet или мультиплексором цифровых абонентских линий (DSLAM). При этом вся площадь охвата ООД условно разделяется на ближнюю (30% от максимального расстояния), среднюю (60% от максимального расстояния) и дальнюю (100% максимального расстояния) зоны. Так, например, если принять максимальное расстояние охвата для коммутатора Ethernet на основе медных кабелей за 100 м, то абоненты, находящиеся на расстоянии 30 и менее метров от коммутатора будут отнесены к ближней зоне; абоненты, находящиеся на расстоянии от 30 до 60 метров от коммутатора, будут отнесены к средней зоне, а все остальные абоненты к дальней зоне. При этом сделав допущение о том, что зоной обслуживания одной единицы ООД является круг, можно определить долю от общего количества абонентов, приходящуюся на каждую из зон ($K_{\text{абон_зон}}$). Так, при условии применяемого подхода, 9% от общего количества абонентов будет расположено в пределах ближних от ООД зон, около 27% абонентов в пределах средних и порядка 64% абонентов в пределах дальних зон.

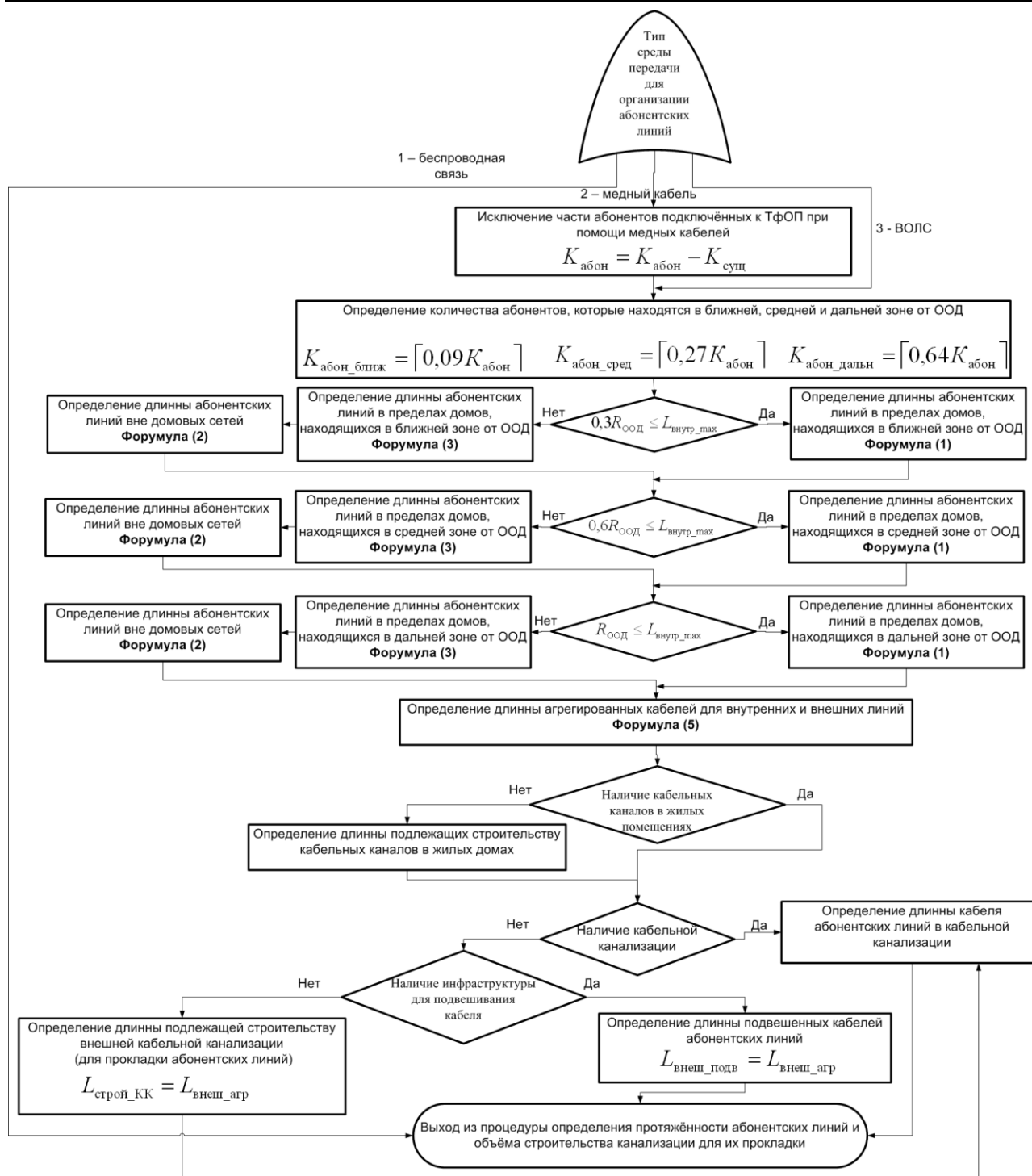


Рисунок 1 – Алгоритм определения протяжённости абонентских линий и объёма строительства канализации для их прокладки

Количество абонентов позволяет определить протяжённость абонентских линий, необходимых для охвата абонентов, которые находятся в соответствующих зонах. При этом следует разделять абонентские линии на те, что находятся в пределах домов и вне их. Базовой характеристикой, для определения данных значений является количество мест размещения ООД ($M_{\text{ООД}}$), необходимых для охвата всей территории населённого пункта [3], а также информация о площади застроенной части населённого пункта ($S_{\text{застр}}$). Указанные

значения позволяют определить усреднённое значение радиуса охвата территории населённого пункта одной единицей ООД ($R_{\text{ООД}} = \sqrt{\frac{S_{\text{застр}}}{\pi M_{\text{ООД}}}}$).

Очевидно, что в случае, если протяжённость абонентской линии в пределах той либо иной зоны меньше, либо равна максимально возможной протяжённости ($L_{\text{внутр_max}}$) внутридомовой линии (т.е. для случая, при котором ООД размещается в пределах здания, в котором расположены абоненты) протяжённость абонентских линий внедомовых сетей будет равняться нулю. В свою очередь, протяжённость абонентских линий в пределах домов, для этого случая может быть вычислена по формуле:

$$L_{\text{внутр}} = K_{\text{абон_зон}} X_{\text{зон}} R_{\text{ООД}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{абон_зон}}$ – количество абонентов, расположенных в той либо иной зоне ($K_{\text{абон_ближ}}, K_{\text{абон_сред}}, K_{\text{абон_дальн}}$); $X_{\text{зон}}$ – коэффициент, определяющий месторасположение абонентов относительно ООД (0,3 для ближней зоны; 0,6 – для средней; 1 – для дальней).

Для случая, если протяжённость абонентских линий в пределах зоны больше максимально возможной протяжённости внутридомовой линии (т.е. для случая, при котором ООД размещается вне здания) протяжённость абонентских линий внедомовых сетей может быть вычислена при помощи формулы:

$$L_{\text{внеш}} = K_{\text{абон_зон}} (X_{\text{зон}} R_{\text{ООД}} - L_{\text{внутр_max}}). \quad (2)$$

Протяжённость же абонентских линий в пределах домов (для случая размещения ООД вне здания) может быть определена при помощи формулы:

$$L_{\text{внутр}} = K_{\text{абон_зон}} L_{\text{внутр_max}}. \quad (3)$$

Общая протяжённость абонентских линий при этом может быть вычислена как сумма протяжённостей внутренних и внешних линий для всех трёх зон:

$$L_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^3 (L_{\text{внутр}}^i + L_{\text{внеш}}^i), \quad (4)$$

где $L_{\text{внутр}}^i$ – протяжённость абонентских линий, размещённых в пределах домов в рамках i -й зоны, м; $L_{\text{внеш}}^i$ – протяжённость абонентских линий, размещённых вне домов в рамках i -й зоны, м; i – индекс зоны населённого пункта (1 – ближняя; 2 – средняя; 3 – дальняя).

Очевидно, что для определения протяжённости специальной инфраструктуры (например, кабельной канализации) для прокладки абонентских линий необходимо определить протяжённость агрегированных кабелей как для внутренних ($L_{\text{внутр_агр}}$), так и для внешних ($L_{\text{внешн_агр}}$) линий:

$$\begin{aligned} L_{\text{внутр_агр}} &= L_{\text{внутр}} K_{\text{агр_внутр}}, \\ L_{\text{внешн_агр}} &= L_{\text{внешн}} K_{\text{агр_внешн}}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $K_{\text{агр_внутр}}$ – коэффициент агрегации кабеля для внутренних абонентских линий; $K_{\text{агр_внешн}}$ – коэффициент агрегации кабеля для внешних абонентских линий.

В этом случае, при отсутствии кабельных каналов в жилых домах, протяжённость подлежащих строительству кабельных каналов будет определяться протяжённостью агрегированных кабелей для внутренних абонентских линий. Аналогичным образом, согласно алгоритму на рис. 1, определяется длина подлежащей строительству внешней кабельной канализации (для прокладки абонентских линий), длина подвешенных кабелей

(при наличии соответствующей инфраструктуры), а также длина агрегированных кабелей для внешних абонентских линий, подлежащих прокладке в кабельной канализации.

Определение протяжённости соединительных линий и объёма строительства канализации для их прокладки осуществляется по следующему алгоритму (рис. 2). В случае использования медных кабелей или ВОЛС в первую очередь определяются протяжённости внешних соединительных линий распределительного сегмента (на основе сведений про общее количество мест для размещения ООД и ТООД [3], а также про максимальную протяжённость канала связи для распределительного сегмента). После этого, при помощи коэффициента агрегации линий в кабель для внешних линий распределительного сегмента, рассчитывается длина агрегированных кабелей соединительных линий.

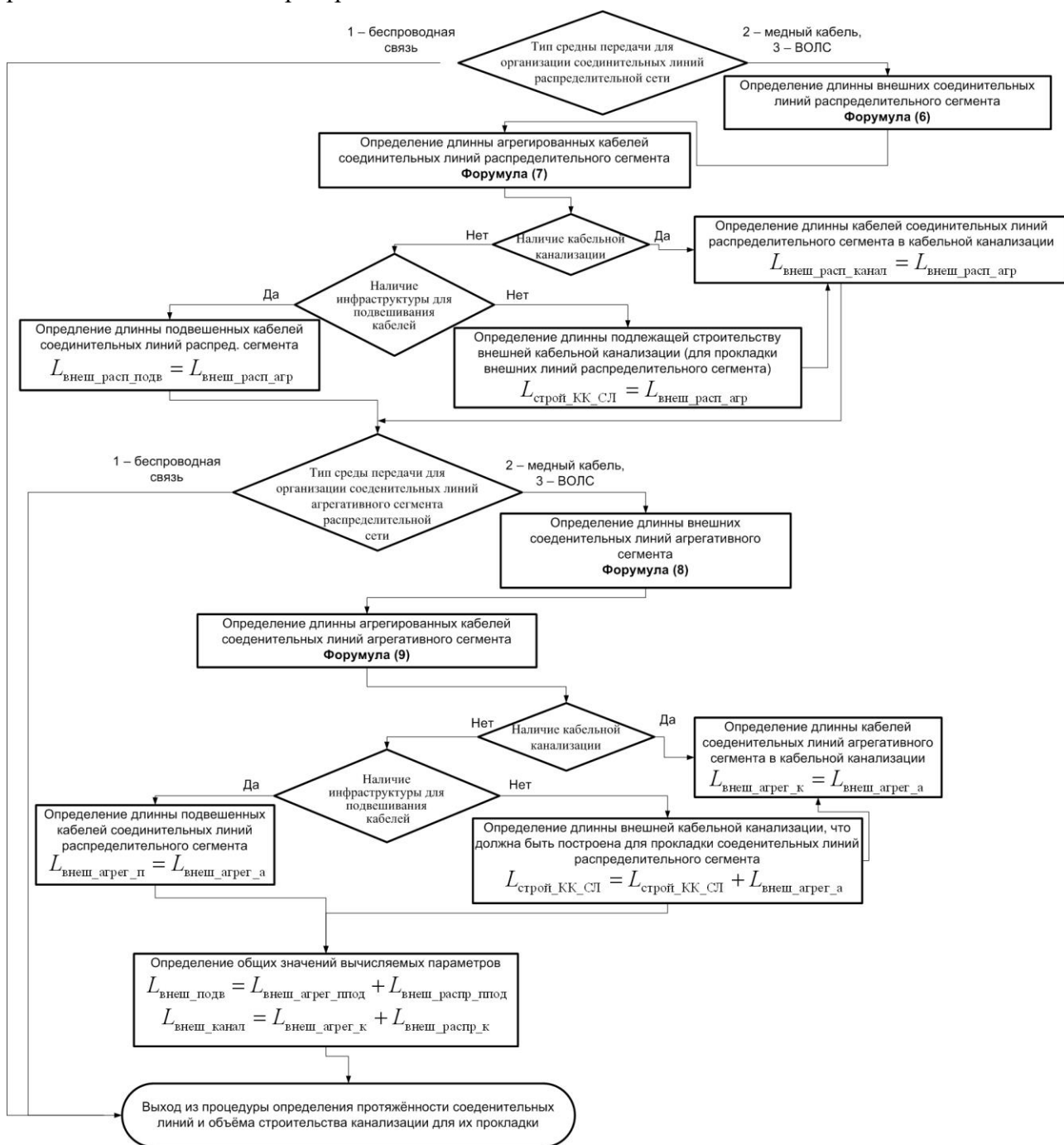


Рисунок 2 – Алгоритм определения протяжённости соединительных линий и объёма строительства канализации для их прокладки

Как видно из рис. 2, после определения длины агрегированных кабелей осуществляется расчёт длины кабелей соединительных линий распределительного сегмента в кабельной канализации (в случае её наличия). В случае отсутствия готовой кабельной канализации, а также при условии наличия инфраструктуры для подвешивания кабеля дополнительно рассчитывается длина кабелей соединительных линий распределительного сегмента, подвешенных к соответствующей инфраструктуре, или протяжённость внешней кабельной канализации, что должна быть построена для этих целей.

Следующим шагом алгоритма (рис. 2) является проверка типа среды передачи для организации соединительных линий агрегативного сегмента распределительной сети (части распределительной сети, что состоит из каналов связи между коммутационным узлом и ТООД распределительного сегмента). В случае использования медных кабелей или ВОЛС по аналогии с первой частью алгоритма осуществляется расчёт длины внешних соединительных линий агрегативного сегмента и длины агрегированных кабелей соединительных линий агрегативного сегмента. После этого, как и для распределительного сегмента, в зависимости от наличия кабельной канализации и/или инфраструктуры для подвешивания кабеля рассчитывается длина кабелей соединительных линий распределительного сегмента, подвешенных к соответствующей инфраструктуре или длина внешней кабельной канализации, которую необходимо построить для прокладки соединительных линий распределительного сегмента, и длина кабелей соединительных линий агрегативного сегмента в кабельной канализации.

Последним шагом алгоритма является определение вычисляемых параметров: общей протяжённости кабелей соединительных линий и общей протяжённости канализации для строительства.

Определение длины внешних соединительных линий (рис. 2) для распределительного сегмента (при использовании медных кабелей или ВОЛС) осуществляется по формуле:

$$L_{\text{внеш_расп}} = \left[0,829 L_{\text{канал_расп}} \frac{M_{\text{ООД}}}{M_{\text{ТООД}}} \right], \quad (6)$$

где $L_{\text{канал_расп}}$ – максимальная протяжённость канала связи для распределительного сегмента, м;
 $M_{\text{ТООД}}$ – количество мест для размещения ТООД [3].

Фактическая длина агрегированных кабелей соединительных линий распределительного сегмента ($L_{\text{внеш_расп_агр}}$) может быть вычислена при помощи формулы:

$$L_{\text{внеш_расп_агр}} = L_{\text{внеш_расп}} K_{\text{агр_расп}}, \quad (7)$$

где $K_{\text{агр_расп}}$ – коэффициент агрегации линий в кабель для внешних линий распределительного сегмента.

В свою очередь, длина внешних соединительных линий агрегативного сегмента сети доступа может быть рассчитана по формуле:

$$L_{\text{внеш_агрег}} = \left\lfloor 0,829 L_{\text{канал_агрег}} M_{\text{ТООД}} \right\rfloor, \quad (8)$$

где $L_{\text{канал_агрег}}$ – максимальная протяжённость канала связи для агрегативного сегмента, м.

Фактическая длина агрегированных кабелей для внешнего агрегативного ($L_{\text{внеш_агрег_агр}}$) сегмента может быть вычислена при помощи формулы:

$$L_{\text{внеш_агрег_агр}} = L_{\text{внеш_агрег}} K_{\text{агр_внеш_агрег}}, \quad (9)$$

где $K_{\text{агр_внеш_агрег}}$ – коэффициент агрегации линий в кабель внешних линий агрегативного сегмента.

Выводы и результаты:

1. Предложенная последовательность аналитических выражений позволяет определить протяжённость абонентских и соединительных линий на основе сведений о количестве мест для установки активного оборудования доступа, а также о наличии инфраструктуры в определённом населённом пункте и используемой технологии доступа.

2. Разработанные алгоритмы могут быть использованы в качестве составной части методики выбора наиболее перспективной для конкретного населённого пункта технологии доступа.

3. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку алгоритмов определения стоимости оборудования и материалов, а также стоимости и продолжительности работ при строительстве сети доступа в типовом населённом пункте. Кроме того, планируется продолжить работы по автоматизации предложенных алгоритмов с целью разработки автоматизированной системы выбора технологической основы построения сетей широкополосного доступа в рамках реализации региональной инициативы «Развитие широкополосного доступа и внедрение широкополосной связи в СНГ» принятой на Всемирной конференции по развитию электросвязи 2014 года (Дубай, ОАЕ).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Каптур В.А. Методика вибору технологічних рішень побудови телекомунікаційних мереж доступу / В.А. Каптур, П.С. Кравченко, Е.М. Мамадов // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2014. – № 1. – С. 77–83.
2. Сучасні телекомунікації: Мережі, технології, безпека, економіка, регулювання / [Довгий С.О., Воробієнко П.П., Гуляєв К.Д. та ін.]. – К.: «Азимут-Україна», 2013. – 608 с.
3. Каптур В.А. Определение количества активного оборудования доступа и мест для его установки при проектировании сети доступа с учётом особенностей населённого пункта / В.А. Каптур, Э.М. Мамадов // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2015. – № 1. – С. 28–35.

REFERENCES:

1. Kaptur, V.A., P.S. Kravchenko, and E.M. Mammadov. "Metodika vboru tekhnologichnikh rishen' pobudovi telekomunikatsiynikh merezh dostupu", Proceedings of the O.S. Popov ONAT, 1 (2014): 77-83.
2. Dovhyi S.O., Vorobiienko P.P., Huliaiev K.D., and others. Modern Telecommunications: Networks, Technology, Safety, Economy, Regulation. Kyiv: Azimuth-Ukraine, 2013. 608. Print.
3. Kaptur, V.A., and E.M. Mammadov. "Opredeleniye Kolichestva Aktivnogo Oborudovaniya Dostupa I Mest Dlya Yego Ustanovki Pri Proyektirovanii Seti Dostupa S Uchotom Osobennostey Naselonnogo Punkta", Proceedings of the O.S. Popov ONAT, 1 (2015): 28-35.