

УДК 621.391

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА АКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДОСТУПА
И МЕСТ ДЛЯ ЕГО УСТАНОВКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
СЕТИ ДОСТУПА С УЧЁТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ НАСЕЛЁННОГО ПУНКТА**

Кантур В.А., Маммадов Э.М.

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

65029, Украина, г. Одесса, ул. Ковальская, 1

vadim.kaptur@onat.edu.ua

**ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ АКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДОСТУПУ
ТА МІСЦЬ ДЛЯ ЙОГО ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ
МЕРЕЖІ ДОСТУПУ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ
НАСЕЛЕНОВОГО ПУНКТУ**

Кантур В.А., Мамадов Е.М.

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

65209, Україна, м. Одеса, вул. Ковальська, 1

vadim.kaptur@onat.edu.ua

**CALCULATION OF THE ACTIVE ACCESS EQUIPMENT UNITS COUNT AND COUNT
OF PLACES FOR ITS INSTALLATION IN ACCESS NETWORK DESIGN PROCESS
TAKING INTO ACCOUNT OF CITY SPECIFICS**

Kaptur V.A., Mammadov E.M.

O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications

1 Kovalska St., Odessa, Ukraine, 65029

vadim.kaptur@onat.edu.ua

Аннотация. В статье предложена архитектурная модель телекоммуникационной сети доступа, которая позволяет разграничить части, которые отвечают за организацию доступа, а также распределительного и восстановительного сегментов. Ключевым элементом модели является деление всего оборудования доступа на оборудование организации доступа и техническое оборудование обеспечения доступа. Приведен ряд аналитических выражений, которые позволяют определить количество активного оборудования доступа на всех уровнях сети и мест для его установки на основе сведений о площади, застройке, населении, конкуренции и спросе в определенном населённом пункте и используемой технологии доступа. Представлен алгоритм, который может быть использован в качестве составной части методики выбора наиболее перспективной для конкретного населённого пункта технологии доступа.

Ключевые слова: оборудование доступа, проектирование, алгоритм, выбор технологии доступа.

Анотація. У статті запропоновано архітектурну модель телекомунікаційної мережі доступу, яка дозволяє розподілити частини, що відповідають за організацію доступу, а також розподільного та відновлювального сегментів. Ключовим елементом моделі є розподіл усього обладнання доступу на обладнання організації доступу та технічне обладнання забезпечення доступу. Наведено низку аналітичних виразів, що дозволяють визначити кількість активного обладнання доступу на всіх рівнях

мережі і місць для його встановлення на основі відомостей про площу, забудову, населення, конкуренцію та попит у визначеному населеному пункті, а також технологію доступу, що використовується. Надано алгоритм, що може бути використаний як складова частина методики вибору найбільш перспективної для конкретного населеного пункту технології доступу.

Ключові слова: обладнання доступу, проектування, алгоритм, вибір технології доступу.

Abstract. The paper presents an architectural model of the access telecommunications network, which allows to separate the parts that are responsible for the organization of access as well as for the of the distribution and restorative segments. A key element of the model is the division of all equipment to the: access organization equipment and technical equipment of access provision. An number of analytical expressions that allow us to determine the number of active access equipment at all levels of the network and places for its installation on the basis of information about the area, development, population, competition and demand in a particular settlement and the access technology used. An algorithm which can be used as part of the method of choosing of the most promising techniques for particular locality and access technologies are provided.

Key words: access equipment, network design, algorithm, choosing of network access technology.

Одной из ключевых стадий выбора стратегии развития телекоммуникационной сети доступа оператора телекоммуникаций является стадия технико-экономического обоснования. При разработке такого обоснования проектировщик, руководствуясь исходными данными об абонентской среде, ожидаемом уровне нагрузки, размещении зданий, наличии (или отсутствии) оборудования и каналов связи и т.д., осуществляет оценку целесообразности строительства (модернизации) сети с применением того, либо иного набора технологий.

На предыдущих стадиях исследования [1, 2] авторами была разработана методика, которая 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. В основу методики положен принцип имитационного моделирования процесса строительства сети. Составляющими элементами этого процесса должны стать алгоритмы, которые, среди прочего, позволят определить ключевые количественные характеристики проектируемой сети, такие как количество активного оборудования доступа и мест для его установки, протяжённость каналов связи и кабельной канализации и т.д.

Целью статьи является детализация метода выбора технологических решений в части определения количества активного оборудования и мест для его установки в зависимости от параметров населённого пункта и используемой технологии доступа.

Всё сетевое оборудование, используемое для строительства сетей последующих поколений, можно условно отнести к одному из трёх уровней [2, 3]: абонентского доступа и служебных сетей, коммутации информационных потоков или организации транспорта. Такое разделение является типовым для большинства моделей, предлагаемых сегодня производителями оборудования и разработчиками программного обеспечения для сетей различных типов.

Основным назначением оборудования уровня абонентского доступа и служебных сетей является организация взаимодействия абонентов (пользователей) с оборудованием уровня коммутации информационных потоков при помощи определённого набора технологий доступа. При этом, с точки зрения конкретной роли всё оборудование уровня абонентского доступа и служебных сетей можно поделить на два типа (рис. 1): оборудование организации доступа (ООД) и техническое оборудование обеспечения доступа (ТООД).

ООД обеспечивает организацию интерфейса между абонентским оборудованием и сетью доступа в целом. В зависимости от технологии построения сети доступа, а также типа информации, передаваемой с её помощью могут использоваться различные наборы интерфейсов от ООД к сети доступа и от ООД к абонентским и/или серверным единицам оборудования. Типичными примерами такого оборудования могут быть коммутаторы Ethernet с подключёнными к ним абонентами (*Access Layer Switches*), точки доступа

беспроводной связи Wi-Fi и т.д. В отдельных случаях оборудования организации доступа может использоваться и для обеспечения взаимодействия с другими ООД и для обеспечения взаимодействия с оборудованием уровня коммутации информационных потоков.

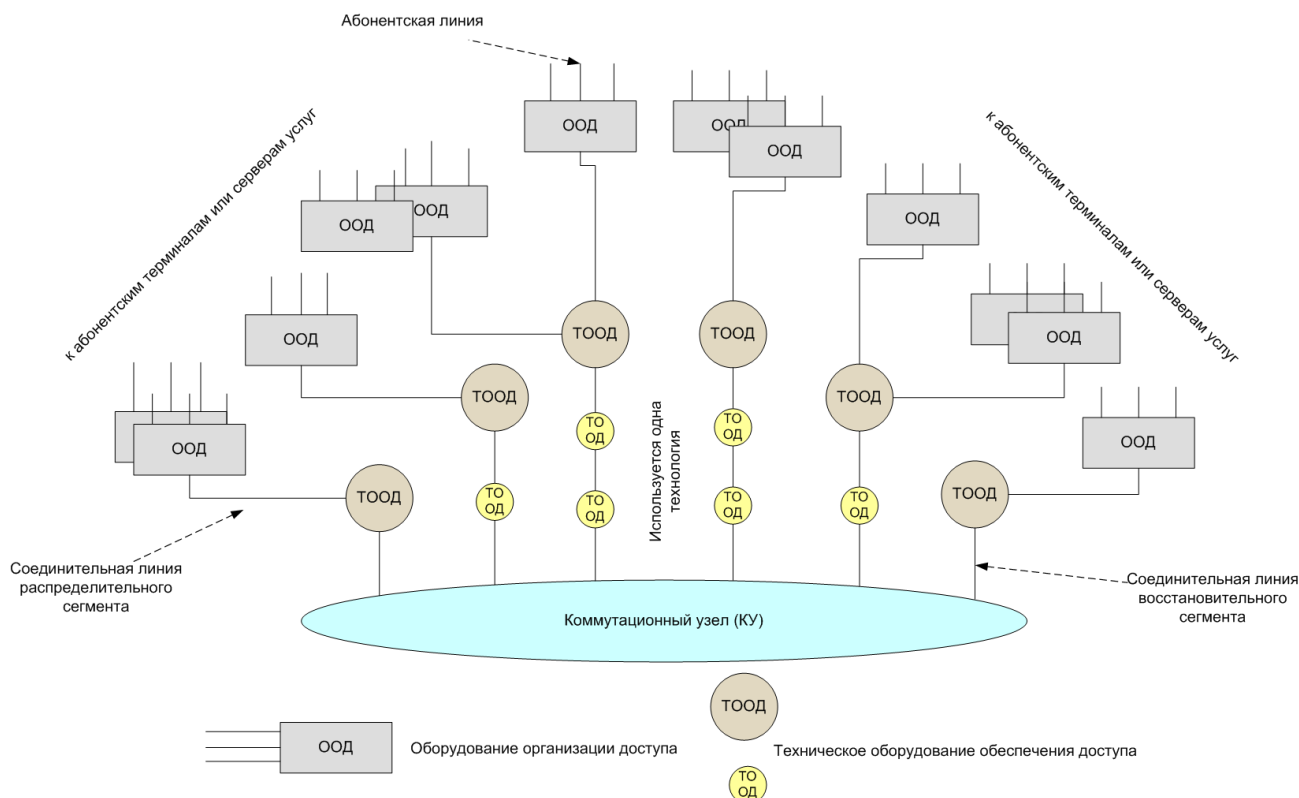


Рисунок 1 – Оборудование организации доступа и техническое оборудование обеспечения доступа

В свою очередь, ТООД используется с целью коммутации информационных потоков в середине сети доступа для распределения нагрузки между ООД, а также для организации взаимодействия с оборудованием уровня коммутации информационных потоков (ядром сети). Чаще всего основным назначением оборудования этого типа является организация надёжных (резервированных) связей между оборудованием организации доступа и оборудованием коммутационного узла. Такое оборудование, как правило, использует интерфейсы одного типа и предполагает передачу информации с использованием исключительно внутренней технологии доступа. Указанный тип оборудования может использоваться при построении фрагментов, которые объединяют два ООД, два ТООД или ООД и другой ТООД и т.д. Примерами такого оборудования могут быть коммутаторы или беспроводные точки доступа уровня распределения (*Distribution Layer Switches*) и т.д.

Отдельной разновидностью ТООД является ТООД восстановительного сегмента (рис. 1). Это оборудование используется для организации каналов связи между коммутационным узлом и оборудованием ТООД распределительного сегмента и может быть представлено как активным, так и пассивным оборудованием.

Предлагаемый алгоритм определения количества активного оборудования доступа и мест для его установки базируется на использовании параметров населённого пункта (НП) [1], а также параметров технологии доступа. Следует отметить, что способ определения количества мест для установки оборудования организации доступа (ООД), в первую очередь, зависит от типа среды передачи, которая используется для организации абонентских подключений. Например, только для технологии доступа, использующей беспроводную связь, может предполагаться покрытие незастроенной части населённого пункта (с целью обеспечения мобильности абонентов) [3].

Для случая беспроводной связи определение количества мест для размещения ООД для покрытия незастроенной площади НП ($M_{НЗ_ООД}$) может быть выполнено по формуле:

$$M_{НЗ_ООД} = \left[\frac{S_{общ} - S_{застр}}{\pi R_{ООД}^2} \right], \quad (1)$$

где $S_{общ}$ – общая площадь НП, кв.км; $S_{застр}$ – застроенная площадь НП, кв. км; $R_{ООД}$ – радиус охвата территории одной единицей ООД, км.

В свою очередь, определение количества мест для размещения ООД для покрытия площади НП, застроенной частным сектором ($M_{ЧС_ООД}$) может быть использована формула:

$$M_{ЧС_ООД} = \left[\frac{S_{застр} (C_{част} / 100)}{\pi (R_{ООД} K_{умR})^2} \right], \quad (2)$$

где $C_{част}$ – процент застройки НП частным сектором, %; $K_{умR}$ – коэффициент уменьшения радиуса охвата территории одной единицей ООД за счёт застройки ($0 > K_{умR} < 1$).

Определение количества мест для размещения ООД для покрытия застроенной многоквартирными домами площади НП ($M_{МД_ООД}$) может быть выполнено следующим образом:

$$M_{МД_ООД} = \left[\frac{S_{застр} P_{застр} (Q_{этаж_МЭ} (C_{МЭ} / 100) + Q_{этаж_ВЭ} (C_{ВЭ} / 100))}{Q_{этаж_ООД}} \right], \quad (3)$$

где $P_{застр}$ – плотность застройки, домов на кв. км; $Q_{этаж_МЭ}$ – среднее количество этажей в малоэтажном доме, этажей; $C_{МЭ}$ – процент малоэтажных домов в НП, %; $Q_{этаж_ВЭ}$ – среднее количество этажей в многоэтажном (высотном) доме, этажей; $C_{ВЭ}$ – процент многоэтажных домов в НП, %; $Q_{этаж_ООД}$ – количество этажей, охватываемых одним беспроводным ООД этажей. При этом значение $Q_{этаж_ООД}$ может отличаться для различных типов зданий. Так, для железобетонных строений и зданий смешанного типа одно беспроводное ООД не может использоваться для охвата более чем одного этажа, а для кирпичных зданий или зданий из ракушечника этот параметр может равняться двум.

Таким образом, общее необходимое количество мест для размещения ООД ($M_{ООД}$) в случае использования технологии беспроводной связи для организации сети доступа в конкретном населённом пункте (с учётом покрытия всей территории населённого пункта) может быть определено, как сумма значений рассчитанных при помощи формул (1)...(3).

В свою очередь, при определении количества мест для размещения ООД (количество строений в застроенной части НП) при использовании медного кабеля для организации абонентских линий ($M_{ООД_стр}$) может быть использована формула:

$$M_{ООД_стр} = \left[S_{застр} P_{застр} \left(\frac{(C_{част} / 100)}{C_{ООД}} + \frac{C_{МЭ} + C_{ВЭ}}{100} \right) \right], \quad (4)$$

где $C_{ООД}$ – количество абонентов, которое может обслуживаться одной единицей ООД, абонентов.

При этом общее количество мест для размещения ООД для случая использования медного кабеля для организации абонентских линий может быть определено как минимальное из двух значений: количества мест для размещения ООД, определяемого количеством строений ($M_{ООД_стр}$), а также количества мест для размещения ООД,

определяемого площадью НП ($M_{\text{ООД_плоч}}$). Второе из указанных значений может быть вычислено по формуле:

$$M_{\text{ООД_плоч}} = \left[\frac{S_{\text{застр}}}{\pi R_{\text{ООД}}^2} \right]. \quad (5)$$

Следует отметить, что формула (5) справедлива и при определении общего количества мест для размещения ООД при условии использования волоконно-оптических линий связи в качестве среды передачи для организации абонентских линий.

Важным является также то, что формулы (1)...(5) позволяют определить лишь количество мест для размещения ООД с учётом географических параметров и параметров застройки НП, а не количество активного оборудования. Для определения количества активного оборудования следует определить базовое количество платёжеспособного населения в НП ($K_{\text{баз_плат}}$):

$$K_{\text{баз_плат}} = \left[K_{\text{баз}} \left(k_{\text{мл}} \frac{C_{\text{младш}}}{100} + k_{\text{ср}} C_{\text{срре}} \frac{(C_{\text{срр_пла}} + C_{\text{выс_плат}})}{100} + k_{\text{ст}} \frac{C_{\text{старш}} C_{\text{выс_плат}}}{100} \right) \right], \quad (6)$$

где $K_{\text{баз}}$ – базовое количество населения для расчёта потенциальной абонентской базы. Для случая использования проводных технологий доступа это значение равно общему количеству населения НП ($K_{\text{насел}}$), а для случая беспроводных технологий для определения данного значения следует учесть потенциальный уровень спроса ($k_{\text{спрос}}$) со стороны туристов (например, в разгар туристического сезона). В этом случае $K_{\text{баз}} = K_{\text{насел}} + k_{\text{спрос}} K_{\text{турист}}$, где $K_{\text{турист}}$ – количество «дополнительного» НП населения на время туристического сезона; $k_{\text{мл}}$, $k_{\text{ср}}$ и $k_{\text{ст}}$ коэффициенты заинтересованности в услугах связи со стороны младшей, средней и старшей возрастных групп соответственно (для упрощения могут быть использованы фиксированные значения на уровне 0,8 (80 %), 0,6 (60 %) и 0,4 (40 %)); $C_{\text{младш}}$, $C_{\text{срре}}$ и $C_{\text{старш}}$ – процент платёжеспособного населения младшей, средней и старшей возрастных групп конкретного НП (региона или страны в целом), %; $C_{\text{срр_пла}}$ и $C_{\text{выс_плат}}$ – процентное распределение населения по уровню платёжеспособности (средний и высокий уровни), %.

Далее, для случая наличия высокого уровня конкуренции в конкретном населённом пункте (наличие конкурентов, которые уже предоставляют беспроводной или проводной широкополосный доступ), следует учесть лишь ту часть населения, которая на данный момент не охвачена конкурентами. В этом случае общее количество потенциальных абонентов ($K_{\text{абон}}$) может быть вычислено по формуле:

$$K_{\text{абон}} = \left[K_{\text{баз_плат}} \left(1 - \frac{C_{\text{конкур.насел}}}{100} \right) \right], \quad (7)$$

где $C_{\text{конкур.насел}}$ – процент населения, охваченный конкурентами, %.

Для всех остальных случаев (отсутствие конкуренции или предоставление конкурентами доступа на скоростях ниже 256 Кбит/с) количество потенциальных абонентов будет равняться базовому количеству населения, рассчитанному по формуле (6).

Последним шагом является вычисление количества единиц ООД, достаточного для охвата необходимого количества абонентов ($M_{\text{ООД_акт}} = \left[\frac{K_{\text{абон}}}{C_{\text{ООД}}} \right]$). При этом, если указанное количество меньше количества мест для размещения ООД ($M_{\text{ООД}}$), то количество единиц ООД принимается равным этому значению ($M_{\text{ООД_акт}} = M_{\text{ООД}}$).

Способ определения количества мест для установки технического оборудования обеспечения доступа, предназначенного для охвата всех ООД населённого пункта, как и в случае с ООД, зависит от типа среды передачи, используемой для организации соединительных линий распределительной сети (см. рис. 1).

Общее количество мест для размещения ТООД ($M_{\text{ТООД}}$) в случае использования беспроводной технологии доступа может быть определено как отношение общей площади населённого пункта к квадратичному значению максимальной протяжённости канала связи без использования промежуточных ТООД (ретрансляторов):

$$M_{\text{ТООД}} = \left[\frac{S_{\text{общ}}}{\pi L_{\text{канала}}^2} \right], \quad (8)$$

где $L_{\text{канала}}$ – максимальная протяжённость канала связи без использования промежуточных ТООД, км.

В свою очередь, в случае использования медных кабелей или ВОЛС, необходимое количество мест для размещения ТООД может определяться как отношение площади застройки населённого пункта к квадратичному значению максимальной протяжённости канала связи без использования промежуточных ТООД:

$$M_{\text{ТООД}} = \left[\frac{S_{\text{застр}}}{\pi L_{\text{канала}}^2} \right]. \quad (9)$$

Основую для определения количества единиц ТООД ($M_{\text{ТООД_расп}}$), необходимых для подключения ООД по всей территории НП, является количество мест размещения ООД ($M_{\text{ООД}}$), определённых при помощи формул (1)...(3), с учётом количества ООД, которое может быть подключено к одному ТООД с учётом необходимости резервируемого (двойного) подключения ООД к распределительным ТООД:

$$M_{\text{ТООД_расп}} = \left[\frac{M_{\text{ООД}} N_{\text{портов_ТООД}}}{C_{\text{ТООД_ООД}}} \right], \quad (10)$$

где $N_{\text{портов_ТООД}}$ – способ подключения ООД к распределительным ТООД ($N_{\text{портов_ТООД}} = 2$ при использовании резервирования, $N_{\text{портов_ТООД}} = 1$ без резервирования); $C_{\text{ТООД_ООД}}$ – количество ООД, которое может быть подключено к одному ТООД.

При этом, если рассчитанное значение количества единиц ТООД окажется меньшим чем количество мест для его размещения, следует для дальнейших расчётов использовать именно количество мест размещения ТООД ($M_{\text{ТООД_расп}} = M_{\text{ТООД}}$).

Для определение количества ТООД восстановительного сегмента ($M_{\text{ТООД_вост}}$) территорию НП можно условно представить в виде круга с центром в месте установки коммутационного узла. При этом данный круг разделяется на две части – площадь круга с половинным радиусом (ближняя часть НП) и оставшаяся часть территории (дальняя часть НП). Такое деление территории позволяет более точно рассчитать количество ТООД восстановительного сегмента в зависимости от места их расположения относительно коммутационного центра НП. Таким образом, количество активного ТООД восстановительного сегмента можно определить по формуле:

$$M_{\text{ТООД_вост}} = \left[\frac{3R_{\text{НП}} M_{\text{ТООД}}}{4L_{\text{канала}}^2} - 1 \right], \quad (11)$$

где $R_{\text{НП}}$ – радиус населённого пункта, км, который определяется как $R_{\text{НП}} = \sqrt{\frac{S_{\text{общ}}}{\pi}}$ (для

беспроводных технологий доступа) и как $R_{\text{НП}} = \sqrt{\frac{S_{\text{застр}}}{\pi}}$.

Для удобства, представленные выше аналитические выражения, объединены в единый алгоритм определения количества активного оборудования доступа и мест для его установки при проектировании сети доступа населённого пункта (рис. 2).

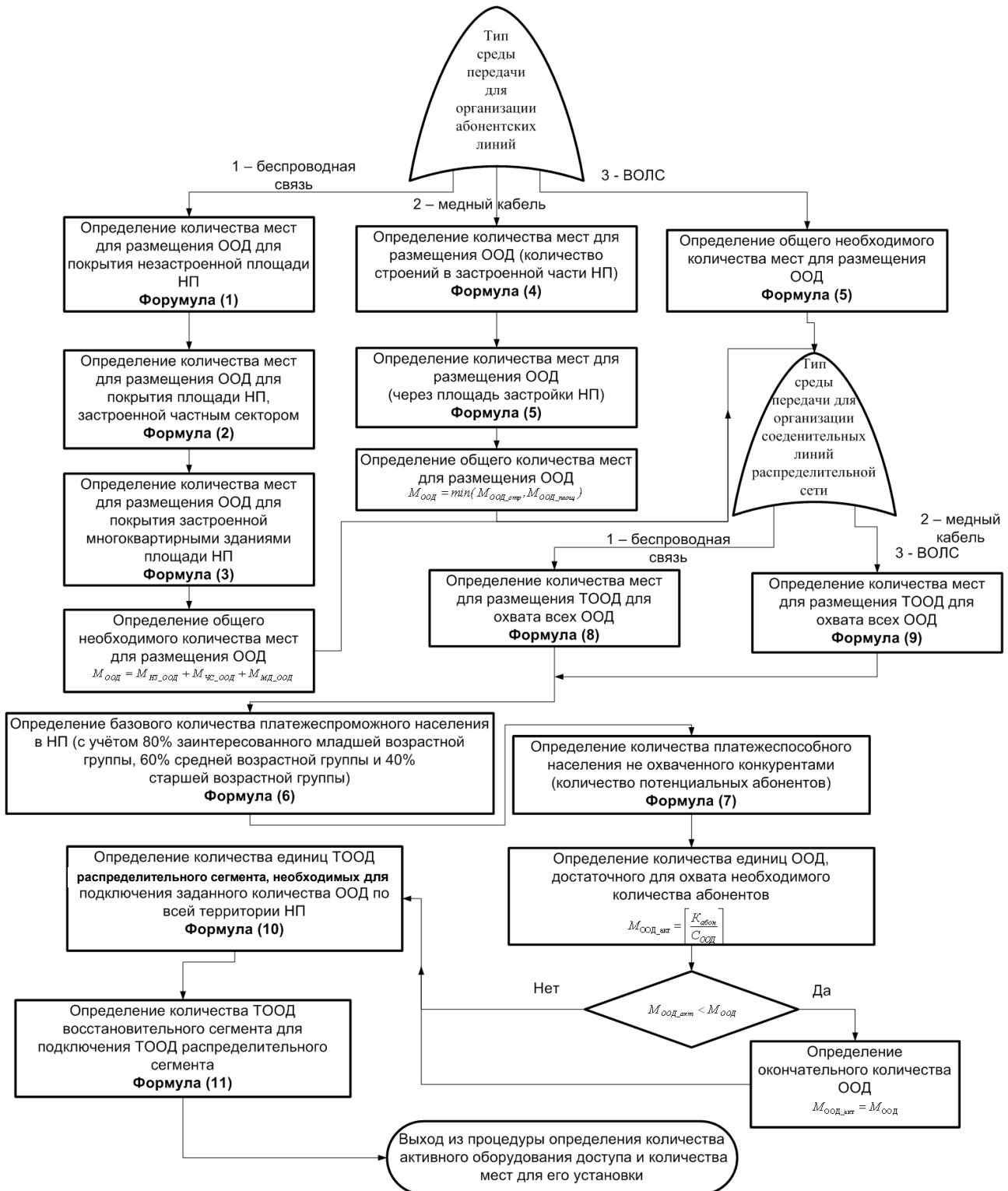


Рисунок 2 – Алгоритм определения количества активного оборудования доступа и мест для его установки при проектировании сети доступа населённого пункта

Так, исходными данными для работы указанного алгоритма (рис. 2) являются параметры населённого пункта (общая площадь, площадь застройки, плотность и структура застройки, количество населения и его структура, как с точки зрения возраста, так и с точки зрения платёжеспособности, уровень конкуренции в сфере предоставления услуг широкополосного доступа и т.д.), а также параметры технологии доступа (тип среды передачи для организации абонентских линий, а также для линий распределительного сегмента, максимальная протяжённость каналов связи для ООД и ТООД, количество абонентов, которые могут охватить ООД, а также количество ООД, которые могут быть охвачены одним ТООД, способ резервирования и т.д.).

Как видно из рис. 2 порядок расчёта количества активного оборудования и мест для его установки определяется типом среды передачи для организации абонентских линий, а также соединительных линий распределительной сети.

Выводы и результаты:

1. Предложенная в работе архитектурная модель телекоммуникационной сети доступа позволяет чётко отделить её составные части, которые отвечают за организацию доступа, организацию распределительного и восстановительного сегментов.

2. Предложенная последовательность аналитических выражений позволяет определить как количество необходимого оборудования, так и количество мест для его установки, основываясь на обобщённых сведениях про такие классы параметров НП, как география, застройка, население, конкуренция и спрос, а также с учётом параметров, определяющих базовые характеристики работы оборудования доступа и используемую среду передачи.

3. Приведённый в работе алгоритм, может быть использован как часть имитационной модели строительства сети доступа на основе характеристик конкретного населённого пункта и технологии доступа.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на объединение разработанного алгоритма с алгоритмами определения протяжённости линий связи и кабельной канализации (для всех сегментов сети) в рамках единой методики с целью последующего оценивания стоимости оборудования, материалов, работ по строительству и эксплуатации сети доступа.

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. Оцінювання ефективності реорганізації транспортних мереж / [В.А. Каптур, Л.В. Кобринчук, Є.І. Петков, В.О. Самодід, Д.І. Сініна, Р.О. Юрчик] // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2009. – № 1. – С.102 – 108

REFERENCES:

1. Kaptur, V.A., P.S. Kravchenko, and E.M. Mammadov. "Metodika viboru tekhnologichnikh rishen' pobudovi telekomunikatsiynikh merezh dostupu", Proceedings of the O.S. Popov ONAT, 1 (2014): 77-83.
2. Dovhyi S.O., Vorobiienko P.P., Hulciaiev K.D., and others. Modern Telecommunications: Networks, Technology, Safety, Economy, Regulation. Kyiv: Azimuth-Ukraine, 2013. 608. Print.
3. Kaptur, V.A., L.V. Kobrinchuk, E.I. Petkov, V.O. Samodid, and D.I. Sinina. "Otsinyuvannya yefektivnosti reorganizatsii transportnikh merezh", Proceedings of the O.S. Popov ONAT, 1 (2009): 102-08.