

УДК 621.395.7

МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ ШИРОКОСМУГОВОГО ДОСТУПУ НА БАЗІ ТМЗК

ОРЄШКОВ В.І., БАРБА І.Б.

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

THE METHOD OF DESIGNING OF BROADBAND ACCESS NETWORK BASED ON PSTN

ORESHKOV V.I., BARBA I.B.

Odessa national academy of telecommunications n.a. O.S. Popov

Анотація. У статті пропонується методика проектування мережі абонентського широкосмугового доступу з використанням телефонних кабелів міської телефонної мережі та систем передавання xDSL. Методика базується на використанні програмного забезпечення, яке дозволяє розраховувати характеристики цифрових абонентських ліній xDSL в багатопарних телефонних кабелях.

Abstract. The method of designing of subscriber broadband access network using telephone cables of the urban telephone network and xDSL transmission systems is proposed in the paper. The method is based on using software which allows to calculate the characteristics of xDSL digital subscriber lines in multi-pair telephone cables.

Найбільш поширеною мережею абонентського доступу є телефонна мережа загального користування (ТМЗК), яка у якості направляючих систем використовує металеві (мідні) симетричні кабелі. Їх відмінною рисою є наявність ланцюгів, що складаються з двох провідників з однаковими конструктивними і електричними властивостями. Сучасні металеві кабелі використовуються для передавання електромагнітної енергії в діапазоні частот 0–1 ГГц. Останнім часом найбільш актуальне використання металевих симетричних кабелів зв'язку для організації цифрового абонентського доступу. Це пов'язано з тим, що даний варіант побудови мережі широкосмугового доступу потребує мінімальних капіталовкладень – кабельна інфраструктура вже існує, потрібно лише встановити необхідне обладнання на станції та у приміщенні абонента.

Оператори зв'язку для надання абонента широкого спектра послуг по телефонних кабелях впроваджують обладнання на основі xDSL-технологій (Рекомендації МСЕ-Т G.992 [1], G.993[2]). Для успішного впровадження даних технологій на вітчизняній телефонній мережі необхідно забезпечити науково обгрунтовані процеси проектування та експлуатації мережі широкосмугового доступу на базі технологій xDSL. Отже важливим прикладним завданням для впровадження xDSL-технологій є розробка методики проектування мережі широкосмугового доступу, що є метою даної статті.

Параметри xDSL-ліній визначаються низкою чинників, до основних з яких відносяться: частотні характеристики, число паралельно працюючих xDSL-ліній, шуми від різноманітних систем передавання, працюючих по кабелю, шуми від зовнішніх джерел елементів випромінювання тощо. Складність проектування пов'язана з тим, що необхідно врахувати ці численні фактори, що діють в кабелі, які містять сотні і тисячі пар. Очевидно, це можна забезпечити тільки за допомогою відповідної методики, із застосуванням програмних засобів. Розроблена методика проектування ґрунтується на моделі електромагнітних взаємодій DSL-ліній у багатопарному кабелі, яка представлена на рисунку 1 [1]. На рисунку зображено дві цифрові абонентські лінії ЦАЛ (DSL_i і DSL_j), що впливають, і одна ЦАЛ піддана впливу DSL_k . Потужність сигналу, що надходить на вхід i -ї DSL, позначена $P_{i \text{ пер}}$. На вхід приймача DSL_k надходить послаблений у лінії зв'язку власний корисний сигнал – $P_{кпр}$ і перехідні завади від ближнього ($P_{бл.i,k}$, $P_{бл.j,k}$) і дальнього ($P_{д.i,k}$, $P_{д.j,k}$) кінців, спричинені передаваними сигналами DSL_i і DSL_j . Згідно з цією моделлю основними обмежуючими чинниками при впровадженні xDSL-технологій на телефонній мережі є загасання лінії та перехідні впливи при паралельній роботі DSL по багатопарним кабелям.

При проектуванні мережі xDSL-доступу по багатопарних телефонних кабелях з металевими жилами виникають задачі двох основних класів. До першого класу відносяться задачі проектування мережі xDSL-доступу з використанням абонентських ліній (АЛ) вже існуючої телефонної мережі з

визначеними параметрами і характеристиками, діючими на мережі різноманітними системами передавання (xDSL-лініями, системами охоронної, протипожежної сигналізації, модемами, системами цифрового ущільнення тощо).

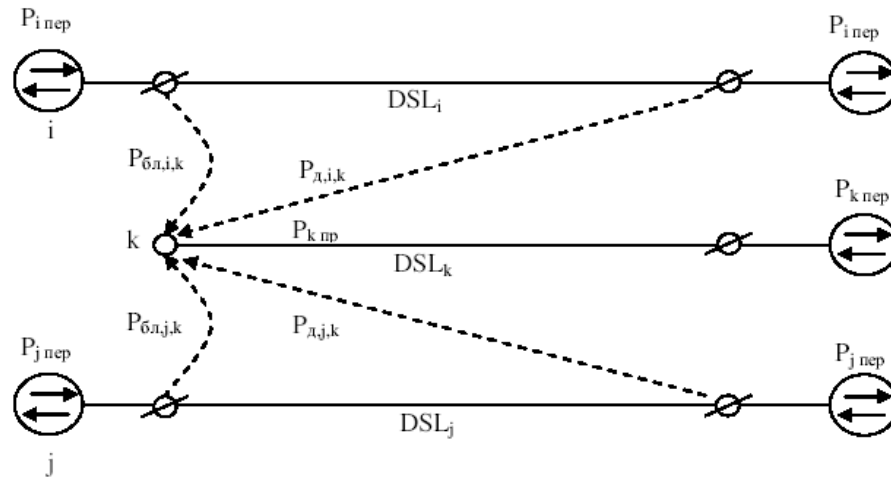


Рисунок 1 – Модель електромагнітних взаємодій DSL у багатопарному кабелі

До другого класу відносяться задачі проектування мережі xDSL-доступу одночасно з проектуванням традиційної телефонної мережі загального користування – нове будівництво, розвиток існуючої телефонної мережі.

В обох класах можливі різні постановки задач.

У даній статті обмежимося розглядом задач першого класу.

Найбільш розповсюдженими (актуальними) задачами першого класу є такі.

Задача 1.1 Задані параметри існуючої телефонної мережі, існуючої мережі xDSL-доступу (якщо вона є), побудованої на базі цієї телефонної мережі, і вимоги до проєктованої (планованої) мережі xDSL-доступу. Треба визначити, чи можливо реалізувати плановану мережу xDSL-доступу.

Задача 1.2 Виникає у випадку неможливості розв'язати у повному обсязі задачу 1.1. У цьому випадку можливі такі варіанти проєктування: зниження бажаних швидкостей передавання по xDSL-лініях, зменшення кількості планованих xDSL-ліній, прокладання кабелю з підвищеним перехідним згасанням на найбільш критичних (до перехідних завод) ділянках кабельної мережі. Таким чином, задача полягає у визначенні, скільки і які саме xDSL-лінії із заданими швидкостями передавання можна організувати або які максимальні швидкості передавання можуть бути забезпечені кожною xDSL-лінією із заданої сукупності xDSL-ліній. При цьому нові xDSL-лінії не повинні порушувати працездатність вже працюючих xDSL-ліній.

Поставлені задачі мають дуже велику обчислювальну складність (наприклад, на магістральних ділянках телефонної мережі використовуються кабелі з кількістю пар до 2400, в яких може бути задіяно кілька сотень ліній для xDSL-систем), тому для їх розв'язання необхідно застосовувати спеціальні програмні засоби - системи автоматизованого проєктування (САПР). Так, для проєктування мереж широкопasmового доступу на базі xDSL-технологій розроблене спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ) Тіога.

ПЗ Тіога має такі можливості:

а) щодо задавання вихідних даних для проєктування:

- використання візуального механізму побудови структури мережі xDSL-доступу;
- задавання довжин ліній, з'єднуючих елементи мережі xDSL-доступу;
- задавання параметрів кабелів;
- задавання розміщення та типу систем передавання (СП) абонентів;

- задавання взаємного розміщення пар, використовуваних системами передавання, у кабелях ділянок мережі xDSL-доступу;
- задавання необхідних швидкостей передавання інформації для кожної СП.

б) щодо результатів проектування:

- визначення швидкостей передавання, на яких можлива робота кожної заданої СП;
- визначення максимальної довжини ділянки мережі xDSL-доступу, за якої забезпечується робота СП із заданими необхідними швидкостями передавання;
- визначення типу кабелю з мінімальним числом пар, при використанні якого на вибраній ділянці забезпечується робота СП із заданими необхідними швидкостями передавання;
- визначення оптимального (за критерієм мінімізації перехідних завад між парами, використовуваними для передавання сигналів xDSL) взаємного розміщення пар, використовуваних системами передавання, в кабелях ділянок мережі xDSL-доступу;
- визначення типу кабелю з мінімальною ціною, при використанні якого на вибраній ділянці забезпечується робота СП із заданими необхідними швидкостями передавання.

в) щодо створення звітів:

- створення звіту про швидкості передавання СП в одній групі компактно розміщених абонентів (ГКРА);
- створення комплексних звітів про стан мережі для двох типів задач проектування.

Методика розв'язання задач проектування першого класу

Структурна схема алгоритму проектування для задачі 1.2 наведена на рисунку 2. Алгоритм проектування описаний нижче.

- 1) Задаємо вихідні дані.
- 2) За допомогою ПЗ за вихідними даними розраховуємо характеристики існуючих (якщо вони є) та проєктованих xDSL-ліній.
- 3) За результатами розрахунків ПЗ отримуємо відповідь на питання: чи можливо організувати xDSL-лінії із заданими параметрами?
- 4) У випадку негативного результату необхідно на ділянках РШ – РК фрагментів мережі (саме на яких результат є негативний) запланувати заміну даного кабелю на кабель з більшим діаметром жил, з більшою кількістю пар, з підвищеними перехідними загасаннями між парами або прокладання додаткового кабелю. Провести повторний розрахунок.
- 5) У випадку негативного повторного результату необхідно на ділянках КС – РШ фрагментів мережі (саме на яких результат є негативний) запланувати заміну даного кабелю на кабель з більшим діаметром жил, з підвищеними перехідними загасаннями між парами або прокладання додаткового кабелю. Провести повторний розрахунок вдруге.
- 6) На основі результатів роботи програми сформулювати проєкт.

Для задачі 1.1 алгоритм має скорочений вигляд – відсутні пункт 4 та 5.

Розв'язання задач проектування першого класу

Для демонстрації методики проектування мережі xDSL-доступу із застосуванням ПЗ Тіога розглянемо такий приклад:

При розв'язанні задач першого класу в якості вихідних даних можуть задаватися такі:

- структура ділянки існуючої телефонної мережі, на базі якої планується створити мережу xDSL-доступу (її характеристики задаються таблицею 1);
- характеристики існуючої мережі xDSL-доступу (якщо вона є) (задаються таблицею 2);
- характеристики проєктованої (планованої) мережі xDSL-доступу (задаються таблицею 3);
- рівень спектральної густини потужності шуму на станційній та абонентській стороні (в прикладі складає -120 дБм/Гц на станційній та абонентській стороні).

Вихідні дані щодо структури проєктованої ділянки існуючої телефонної мережі вносяться в ПЗ Тіога та відображаються у вигляді графічного зображення на екрані ПЕОМ (рисунк 3).

У даному прикладі вважається, що АЛ складаються тільки з магістральної та розподільної ділянок, розміщених між КС і РШ та між РШ і РК відповідно. Це відповідає моделі електромагнітних взаємодій DSL, що була наведена вище на рисунку 1.

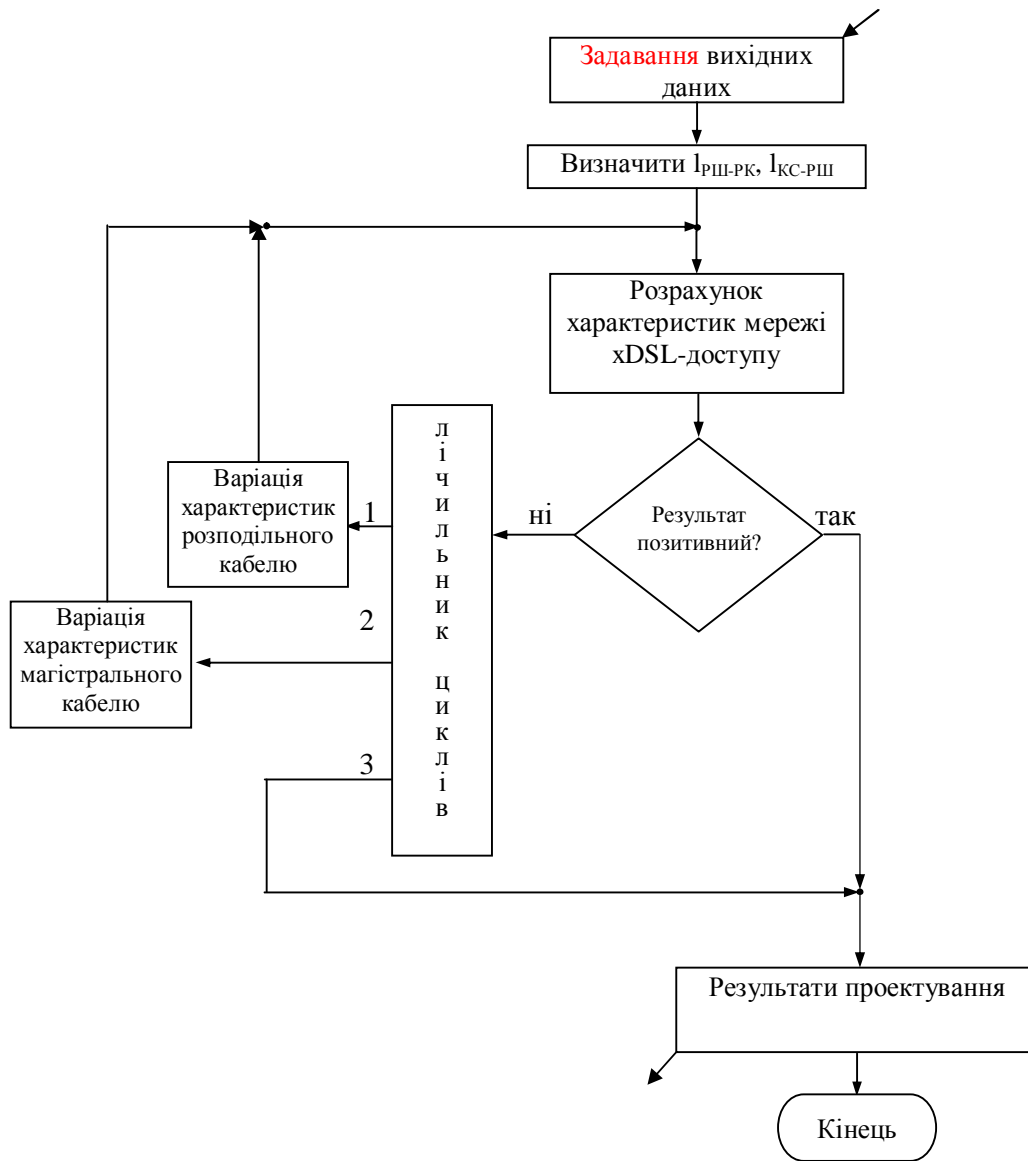


Рисунок 2 – Схема алгоритму проектування задач першого класу

Таблиця 1 – Довжини та типи кабелю для кожної ділянки кабельної мережі

Ділянка кабельної мережі (лінія)	Довжина ділянки (лінії), км	Тип використовуваного кабелю	Діаметр жил пар кабелю, мм
КС – РШ (Лінія 1)	2	ТПП 100x2 (повивна скрутка осердя)	0,5
РШ – РК1 (Лінія 2)	0,5	ТПП 20x2 (повивна скрутка осердя)	0,4
РШ – РК2 (Лінія 3)	0,3	ТПП 10x2 (пучкова скрутка осердя)	0,4

Примітка 1. КС – комутаційна станція, РШ – розподільна шафа, РК – розподільна коробка.

Примітка 2. Для зручності користування програмним забезпеченням (ПЗ) Тога кожна з ділянок кабельної мережі дістає назву “Лінія” з відповідним номером, наприклад, у даному випадку ділянка між КС та РШ названа “Лінія 1”.

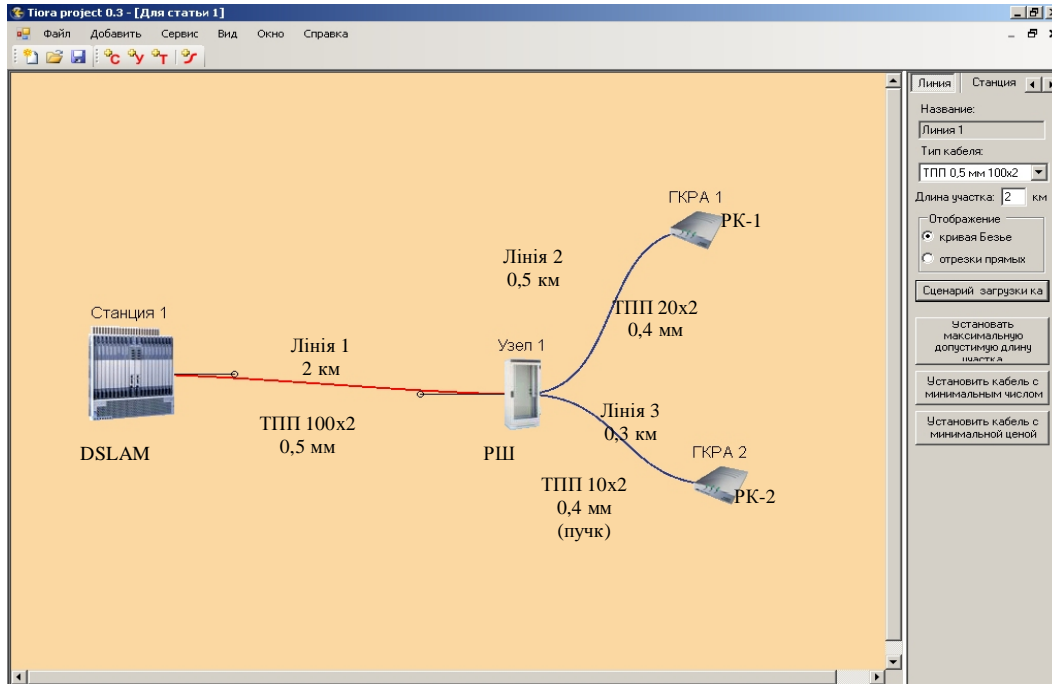


Рисунок 3 – Приклад структури мережі xDSL-доступу у робочому вікні ПЗ Tioga

Таблиця 2 – Характеристики існуючих xDSL-ліній

Назва абонента	Тип xDSL-лінії	Швидкість передавання по xDSL-лінії, кбіт/с		Номер пари на Лінії 1	Номер пари на Лінії 2	Номер пари на Лінії 3
		upstream	downstream			
Абонент 1-1	ADSL	256	2048	20	10	-
Абонент 1-2	ADSL	256	2048	97	8	-
Абонент 2-1	ADSL	512	4096	92	-	4
Абонент 2-2	ADSL	512	4096	79	-	1

Примітка. У даній таблиці “Номер пари” означає номер пари кабелю, використовуваної існуючою xDSL-лінією (при цьому застосовується стандартна нумерація пар)

Таблиця 3 – Характеристики xDSL-ліній, що планується встановити

Назва абонента	Тип xDSL-лінії	Швидкість передавання по xDSL-лінії, кбіт/с	
		upstream	downstream
Абонент 1-3	ADSL 2+	928	14720
Абонент 1-4	ADSL 2+	928	14720
Абонент 1-5	ADSL 2+	768	4896
Абонент 2-3	ADSL 2+	768	6144
Абонент 2-4	ADSL 2+	768	10240

Формулювання залежить від виду розв’язуваної задачі (задача 1.1 або 1.2):

- 1) Визначити, чи можливо організувати задану сукупність xDSL-ліній із заданими швидкостями передавання (у спадному та висхідному напрямках) при заданій мережі xDSL-доступу.
- 2) Визначити оптимальний (за критерієм мінімізації перехідних завдань між використовуваними для передавання xDSL-сигналів парами кабелю) варіант завантаження пар

кабелю xDSL-лініями на кожній лінії (саме при цьому варіанті завантаження мають бути розраховані швидкості передавання).

3) Якщо це неможливо, то визначити, скільки і які саме xDSL-лінії із заданими швидкостями передавання можна організувати або які максимальні швидкості передавання можуть бути забезпечені кожною xDSL-лінією із заданої сукупності xDSL-ліній.

4) Які кроки можна вжити для виконання вимог вихідних даних: прокладання кабелю з більшим діаметром жил, з більшою кількістю пар, з підвищеним перехідним згасанням на найбільш критичних (до перехідних завад) ділянках кабельної мережі.

Обов'язковою для задач першого класу є додаткова умова: нові xDSL-лінії не повинні порушувати працездатність вже працюючих xDSL-ліній.

Пункти 1) та 2) характерні для задач 1.1, а для задач 1.2 – пункти 3) та 4).

Результатами роботи ПЗ Тіора є:

1) Розраховані швидкості передавання інформації у низхідному та висхідному напрямках для кожної планованої та для кожної існуючої xDSL-лінії, які наведено для даного прикладу в таблиці 4. Також з метою порівняння у таблиці 4 наведено значення заданих швидкостей передавання для кожної планованої та існуючої xDSL-лінії.

Якщо розрахована швидкість передавання для кожної з планованих xDSL-ліній перевищує задану швидкість передавання і при цьому не порушується працездатність вже працюючих xDSL-ліній, то відповідь на питання задачі 1.1 є позитивною.

Примітка. Для виконання додаткової умови щодо працездатності працюючих xDSL-ліній необхідно, щоб розраховані швидкості передавання перевищували задані (реальні) швидкості передавання для кожної існуючої xDSL-лінії. У даному прикладі (див. таблицю 4) ця умова виконується.

Якщо задана швидкість передавання хоч в одному з напрямків перевищує розраховану швидкість передавання, то відповідь на питання задачі 1.1 є негативною.

Для розв'язування задачі 1.2 звернемося знову до таблиці 4. Порівняння заданих і розрахованих швидкостей дозволяє зробити висновок про неможливість забезпечення швидкості 14720 кбіт/с (downstream) абонентам 1-3 і 1-4 та швидкості 10240 кбіт/с (downstream) абонента 2-4. В цій ситуації треба запропонувати цим абонентам тимчасово розраховані швидкості передавання та проаналізувати можливість забезпечення замовленими швидкостями передавання в подальшому.

Таким чином, із заданими (бажаними) швидкостями передавання можуть бути організовані xDSL-лінії тільки до абонентів 1-5 та 2-3. Максимальні швидкості передавання, які можуть бути забезпечені, наведено у другому стовпчику праворуч таблиці 4.

2) Оптимальний (за критерієм мінімізації перехідних завад між використовуваними для передавання xDSL-сигналів парами кабелю) варіант завантаження пар кабелю xDSL-лініями на кожній лінії представлений для даного прикладу в таблиці 5.

Прокладання додаткового кабелю ТПП-10х0,5 (повивна скрутка осердя) на розподільній ділянці РШ – РК-2 та перекрсування на неї абонента 2-4 дозволяє забезпечити його замовленою швидкістю (максимально можлива швидкість при цьому складає 10848 кбіт/с).

Забезпечення потрібними швидкостями абонентів 1-3 та 1-4 потребує прокладання додаткових кабелів як на розподільній ділянці (РШ – РК-1) типу ТПП-20х0,64 (повивна скрутка осердя) так і на магістральній ділянці (КС – РШ) типу ТПП-100х0,64 (повивна скрутка осердя). Максимально можлива швидкість складає 15040 кбіт/с.

За результатами розрахунків ПЗ Тіора формує звіт у файлі формату HTML, для цього в меню ФАЙЛ потрібно вибрати СОХРАНИТЬ ОТЧЁТ – ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ 1.

ВИСНОВОК

Таким чином, запропонована методика проектування у комплексі зі спеціалізованим ПЗ Тіора дозволяє, з урахуванням характеристик xDSL-ліній, довжин і типів кабелів, проаналізувати можливі сценарії побудови та розвитку мережі широкосмугового доступу на базі існуючої ТМЗК та вибрати оптимальний. Також у подальшому планується розробити методику проектування для задач, що виникають у ході будівництва або розвитку телефонної мережі.

Таблиця 4 – Швидкості передавання для кожної xDSL-лінії

Назва абонента	Тип xDSL-лінії	Задана швидкість по xDSL-лінії		Розрахована (максимально досяжна) швидкість по xDSL-лінії		Існуюча або планована xDSL-лінія
		upstream	down-stream	upstream	down-stream	
Абонент 1-1	ADSL	256	2048	1184	7136	існуюча
Абонент 1-2	ADSL	256	2048	1184	7136	існуюча
Абонент 1-3	ADSL 2+	928	14720	1216	8096	планована
Абонент 1-4	ADSL 2+	928	14720	1216	8128	планована
Абонент 1-5	ADSL 2+	768	4896	1024	7552	планована
Абонент 2-1	ADSL	512	4096	1376	7552	існуюча
Абонент 2-2	ADSL	512	4096	1376	7584	існуюча
Абонент 2-3	ADSL 2+	768	6144	1376	9184	планована
Абонент 2-4	ADSL 2+	768	10240	1376	9184	планована

Таблиця 5 – Оптимальне завантаження пар кабелю

Назва абонента	Тип xDSL-лінії	Номер пари на Лінії 1	Номер пари на Лінії 2	Номер пари на Лінії 3	Існуюча або планована xDSL-лінія
Абонент 1-1	ADSL	20	10	-	існуюча
Абонент 1-2	ADSL	97	8	-	існуюча
Абонент 1-3	ADSL 2+	11	17	-	планована
Абонент 1-4	ADSL 2+	1	13	-	планована
Абонент 1-5	ADSL 2+	87	1	-	планована
Абонент 2-1	ADSL	92	-	4	існуюча
Абонент 2-2	ADSL	79	-	1	існуюча
Абонент 2-3	ADSL 2+	16	-	3	планована
Абонент 2-4	ADSL 2+	71	-	2	планована

ЛІТЕРАТУРА

1. ITU-T Recommendation G.992.1. Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers. 06/1999.
2. ITU-T Recommendation G.993.1. Very high speed digital subscriber line transceivers (VDSL). 06/2004.
3. Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL / Инженерно-технический справочник / Балашов В.А., Лашко А.Г., Ляховецкий Л.М.; под общей редакцией В.А. Балашова. – М.: Эко-Трендз, 2009. – 256 с.