

Комплект материалов по бизнес-планированию инфраструктуры ИКТ

Сети 5G



Комплект материалов по бизнес планированию инфраструктуры ИКТ

Сети 5G

2023 год



Выражение признательности

Настоящий отчет подготовлен экспертами Международного союза электросвязи (МСЭ) Тягу Соза Праду, Присцилой Онориу Эвагелиста и Абрааном Балбину и Силва, а также экспертами Бюро развития электросвязи (БРЭ) МСЭ.

Правовые оговорки

Используемые в настоящей публикации обозначения и представление материала не означают выражения какого бы то ни было мнения со стороны МСЭ и Секретариата МСЭ в отношении правового статуса какой-либо страны, территории, города или района, или их властей, а также в отношении делимитации их границ.

Упоминание конкретных компаний или продуктов определенных производителей не означает, что МСЭ одобряет или рекомендует их, отдавая им предпочтение в ущерб другим компаниям или продуктам аналогичного характера, которые в тексте не упоминаются. За исключением случаев, когда имеют место ошибки и пропуски, названия проприетарных продуктов выделяются прописными начальными буквами.

МСЭ принял все разумные меры для проверки информации, содержащейся в настоящей публикации. Тем не менее публикуемый материал распространяется без каких-либо явных или подразумеваемых гарантий. Ответственность за интерпретацию и использование материала лежит на читателе.

Мнения, заключения и выводы, изложенные в настоящей публикации, могут не отражать точку зрения МСЭ или его членов.

ISBN

978-92-61-36511-0 (электронная версия)

978-92-61-36521-9 (версия EPUB)

978-92-61-36531-8 (версия MOBI)



Просьба подумать об окружающей среде, прежде чем печатать этот отчет

© ITU 2023

Некоторые права защищены. Настоящая работа лицензирована для широкого применения на основе использования лицензии международной организации Creative Commons Attribution-Non-Commercial-Share Alike 3.0 IGO (CC BY-NC-SA 3.0 IGO).

По условиям этой лицензии допускается копирование, перераспределение и адаптация настоящей работы в некоммерческих целях, при условии наличия надлежащих ссылок на настоящую работу. При любом использовании настоящей работы не следует предполагать, что МСЭ поддерживает какую-либо конкретную организацию, продукты или услуги. Не разрешается несанкционированное использование наименований и логотипов МСЭ. При адаптации работы необходимо в качестве лицензии на работу применять ту же или эквивалентную лицензию Creative Commons. При создании перевода настоящей работы следует добавить следующую правовую оговорку наряду с предлагаемой ссылкой: “Настоящий перевод не был выполнен Международным союзом электросвязи (МСЭ). МСЭ не несет ответственности за содержание или точность настоящего перевода. Оригинальный английский текст должен являться имеющим обязательную силу и аутентичным текстом”. С дополнительной информацией можно ознакомиться по адресу: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>.

Предисловие



В крупных городах развертывание широкополосного интернета происходит практически естественным образом. Однако развертывание сетей в сельских и отдаленных районах требует гораздо более значительных усилий. Препятствия экономического, географического и/или демографического характера приводят к тому, что большое количество людей остаются изолированными от цифрового мира.

Согласно статистике МСЭ, интернетом пользуются две трети мирового населения. Эта цифра обнадеживает, но мы должны помнить о том, что никто не должен остаться не подключенным к этой сети.

Внедрение надлежащих технико-экономических механизмов, а также устойчивое бизнес-планирование в целях содействия развертыванию инфраструктуры, особенно в сельских и отдаленных районах, жизненно важно для обеспечения всеобщего доступа к быстрым, надежным и недорогим цифровым услугам.

В 2019 году МСЭ впервые опубликовал комплект материалов по бизнес-планированию инфраструктуры ИКТ для решения задач бизнес-планирования сетей подвижной связи 4G и волоконно-оптических сетей и продолжает предлагать четкую и практичную методiku точной экономической оценки планов создания и развертывания инфраструктуры широкополосной связи.

В данное пересмотренное издание добавлены сведения о проектировании сетей в целях поддержки устойчивого развертывания технологии 5G. Сети 5G обладают определенным потенциалом для расширения возможностей установления высокоскоростных соединений, но во многих развивающихся странах внедрение таких сетей остается проблематичным. В настоящем комплекте материалов рассматриваются механизмы оценки устойчивости проектов 5G.

Методика, описанная в данном комплекте материалов, уже эффективно используется в ходе учебных мероприятий Академии МСЭ, проводимых в Африке и Европе. В своих отзывах пользователи комплекта материалов, участники учебных мероприятий и эксперты по данной теме подчеркивают настоятельную необходимость наращивания потенциала и развития навыков в области планирования развертывания национальных сетей 5G с уделением особого внимания проектам, обслуживающим экономически малопривлекательные районы.

Настоящий комплект материалов вместе со специализированным учебным курсом служит экспертным руководством, которое облегчит разработку заслуживающих доверия, последовательных и устойчивых бизнес-планов, легко адаптируемых к широкому спектру проектов развертывания инфраструктуры широкополосной связи.

Надеюсь, что данная новая версия комплекта материалов по бизнес-планированию будет и впредь рассматриваться как бесценное пособие для директивных и регуляторных органов в области ИКТ, а также других заинтересованных сторон во всем мире в их усилиях по обеспечению доступа к широкополосным сетям для всех.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cosmas Lakisan Zavaava'.

Космас Лакисан Зававава
Директор Бюро развития электросвязи (БРЭ)
Международного союза электросвязи (МСЭ)

Содержание

Выражение признательности	ii
Предисловие	iii
1 Бизнес-планирование в области широкополосной связи	1
1.1 Определение бизнес-плана	5
1.2 Проблемы при разработке бизнес-плана	8
1.3 Бизнес-планирование как инструмент государственной политики	9
2 Оценка спроса на услуги широкополосной связи	12
2.1 Оценка спроса с использованием эконометрических методов	14
2.2 Оценка спроса с использованием метода Дельфи	16
2.3 Разбивка спроса по разным сегментам	17
2.4 Оценка спроса на услуги 5G	19
2.5 Оценка доли рынка потенциально нового оператора	21
3 Оценка доходов от предоставления услуг широкополосной связи	23
3.1 Оценка доходов для проектов сетей подвижного широкополосного доступа	23
3.2 Оценка доходов для проектов фиксированного широкополосного доступа	23
3.3 Оценка доходов новых направлений бизнеса, связанных с технологией 5G (URLLC и mMTC)	25
3.4 Оценка доходов для проектов транспортных сетей	26
3.5 Динамика доходов в рамках проекта	27
4 Оценка инвестиций в широкополосные сети: капитальные затраты (capex)	28
4.1 Сети подвижного широкополосного доступа 4G	28
4.2 Сети подвижного и фиксированного широкополосного доступа 5G	34
4.2.1 Капитальные затраты на базовую сеть 5G	35
4.2.2 Капитальные затраты на сеть доступа 5G	35
4.2.3 Капитальные затраты, связанные с предложением специализированных услуг 5G для нишевых рынков	37
4.3 Сети фиксированного широкополосного доступа	37
4.4 Транспортные сети	48
5 Оценка операционных расходов (орех) на предоставление услуг широкополосной связи	50
5.1 Использование для оценки орех стоимостных моделей затрат	50
5.2 Использование для оценки орех затрат и расходов за истекшие периоды	53
5.3 Использование для оценки орех контрольных показателей	54
6 Оценка средневзвешенной стоимости капитала (WACC)	57
7 Механизмы финансирования для реализации проектов инфраструктуры широкополосной связи	67
7.1 Механизмы финансирования на этапе проектирования и лицензирования	67

7.2	Механизмы финансирования на этапе развертывания инфраструктуры	68
7.3	Механизмы финансирования на этапе предоставления услуг	69
8	Выводы	71
	Список сокращений	73
	Библиография	76

Список рисунков, вставок и таблиц

Рисунки

Рисунок 1: Карта широкополосной связи МСЭ – наземные информационные магистрали (декабрь 2022 г.)	2
Рисунок 2: Регрессионная кривая (проникновение услуг широкополосной связи в зависимости от ВВП на душу населения)	15
Рисунок 3: Пример разбивки спроса на услуги подвижной широкополосной связи	18
Рисунок 4: Пример разбивки спроса на услуги фиксированной широкополосной связи	19
Рисунок 5: Сценарии использования IMT-2020	20
Рисунок 6: Оценка чистого дохода	23
Рисунок 7: Прогноз доходов операторов сетей подвижной связи 5G на 2020–2030 годы	26
Рисунок 8: Разнородная сеть LTE	29
Рисунок 9: Топология сети FTTH	38
Рисунок 10: Геометрическая модель SSL	42
Рисунок 11: Состав совокупных затрат	51
Рисунок 12: Отношение расходов к чистому доходу	51
Рисунок 13: Отношение расходов к чистому доходу за истекшие периоды	53
Рисунок 14: Отношение capex/opex	54
Рисунок 15: Операционные расходы на одного пользователя	55
Рисунок 16: Этапы 1–4 расчета NPV	62
Рисунок 17: Этапы 5 и 6 расчета NPV	62
Рисунок 18: Пример NPV 1 и возможная интерпретация	64
Рисунок 19: Пример NPV 2 и возможная интерпретация	65
Рисунок 20: Пример NPV 3 и возможная интерпретация	65
Рисунок 21: Пример NPV 4 и возможная интерпретация	66
Рисунок 22: Распределение механизмов финансирования типичных инфраструктурных проектов	67

Вставки

Оценка доли рынка потенциального нового оператора	22
Оценка доходов для проектов фиксированного широкополосного доступа	24
Макросоты	30
Малые соты	33
Оконечные устройства оптических линий	40
Расчет количества оборудования волоконно-оптической сети (уровень разветвителей)	41
Расчет количества волоконно-оптического кабеля (для домов, готовых к подключению)	46
Использование моделей затрат для оценки орех	53
Использование для оценки орех затрат и расходов за истекшие периоды	55
Оценка WACC методом глобальной CAPM	60
Расчет чистой приведенной стоимости (NPV)	64

Таблицы

Таблица 1: Сравнение проникновения широкополосной связи и численности населения в пределах досягаемости волоконно-оптических соединений по состоянию на 2021 год.....	2
Таблица 2: Примеры вопросов анкеты для оценки спроса по методу Дельфи	17
Таблица 3: Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание.....	52
Таблица 4: Оценка совокупных операционных расходов с использованием модели затрат	52
Таблица 5: Оценка совокупных операционных расходов с использованием затрат и расходов за истекшие периоды.....	54
Таблица 6: Оценка совокупных операционных расходов с использованием контрольных показателей.....	55
Таблица 7: Преимущества и недостатки локальной и глобальной CAPM	59

1 Бизнес-планирование в области широкополосной связи

Введение

Предоставление широкополосного доступа в интернет необслуживаемым и недостаточно обслуживаемым группам населения в целях ускорения обеспечения универсальной возможности установления соединений и прогресса в достижении Целей ООН в области устойчивого развития является одним из основных направлений деятельности МСЭ и его Членов. Целью пересмотра настоящего комплекта материалов было его обновление для обеспечения устойчивого развертывания сетей 5G.

Для развития и развертывания широкополосных сетей требуются огромные усилия. Учитывая значительные различия в физических и экономических условиях, в которых приходится осуществлять свою деятельность поставщикам услуг, большая часть этих усилий – от исследований и разработок (НИОКР) до специализированного оборудования, способного работать в экстремальных условиях, – направлена на то, чтобы сделать возможным развертывание и успешную эксплуатацию инфраструктуры сетей ИКТ в разных странах мира.

В экономически привлекательных районах, таких как крупные города, внедрение инфраструктуры происходит практически естественным образом, поскольку здесь действуют рыночные силы, направленные на удовлетворение спроса. Однако в сельских и отдаленных районах, где препятствия экономического, географического и/или демографического характера ограничивают доступ населения к инфраструктуре широкополосной сети, картина часто бывает совершенно иной; в результате большое количество людей остаются изолированными от цифрового мира.

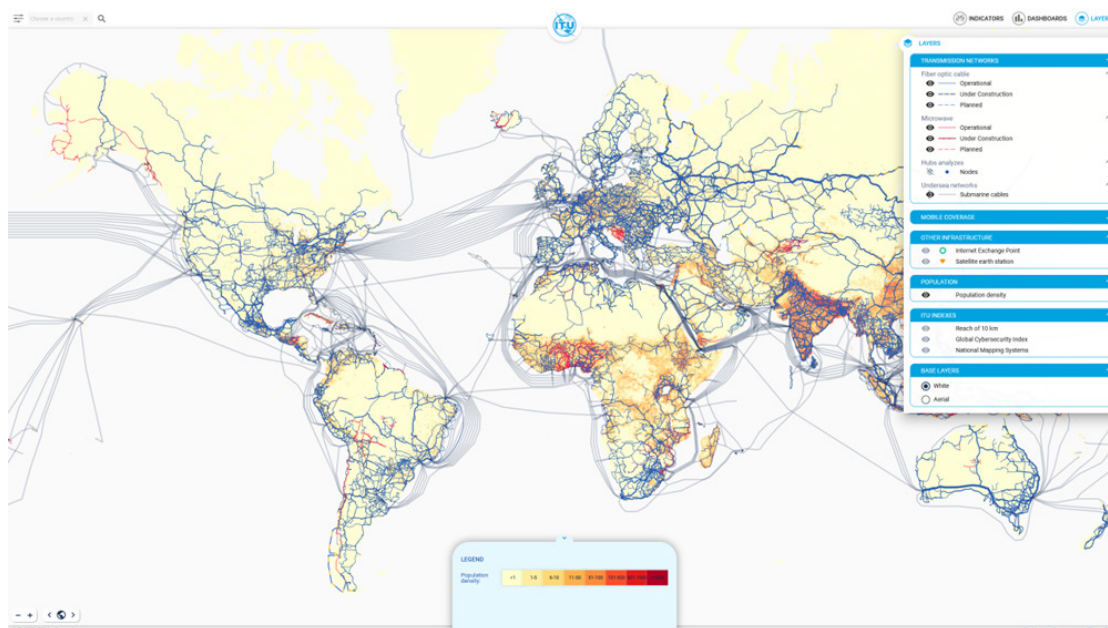
Настоящий комплект материалов адресован Государствам – Членам МСЭ, которым требуется руководство по разработке заслуживающих доверия, последовательных и обоснованных бизнес-планов для расширения покрытия сетей и обеспечения их постоянной устойчивости.

Директивные и регуляторные органы стремятся найти механизмы для расширения сетей широкополосной связи с помощью различных стратегий, таких как использование государственных средств, фондов универсального обслуживания, государственно-частных партнерств, понижение отправной цены на радиочастотный спектр и применение других механизмов субсидирования. Подобные меры, как правило, сосредоточены на строительстве и эксплуатации сетей в районах, считающихся малопривлекательными в экономическом отношении, где одни только рыночные силы не в состоянии обеспечить предоставление услуг без каких бы то ни было субсидий для поощрения инвестиций.

Цифровой разрыв

Несмотря на наличие технологий, позволяющих предоставлять услуги в отдаленных и изолированных районах, и разработку новых технологий, специально предназначенных для удовлетворения таких потребностей, подключение второй половины мирового населения остается трудноразрешимой задачей из-за ряда фундаментальных проблем. Карта широкополосной связи МСЭ 2022 года¹ указывает на отсутствие высокоскоростных магистралей в большей части мира.

¹ Карты инфраструктуры ИКТ МСЭ для достижения целей в области устойчивого развития доступны по адресу <https://bbmaps.itu.int/app>.

Рисунок 1: Карта широкополосной связи МСЭ – наземные информационные магистрали (декабрь 2022 г.)²

Источник: МСЭ

Кроме того, сравнение проникновения широкополосной связи и численности населения в пределах досягаемости волоконно-оптических соединений показывает, что миллиарды людей живут в странах и регионах, до сих пор не подключенных к этой глобальной наземной сети передачи данных.

Таблица 1: Сравнение проникновения широкополосной связи и численности населения в пределах досягаемости волоконно-оптических соединений по состоянию на 2021 год

	Африка	Северная и Южная Америка	Арабские государства	Азиатско-Тихоокеанский регион	СНГ	Европа
Контракты на фиксированную телефонную связь	49,2	91,5	69,6	96,2	90,9	98,7
Полоса пропускания международного трафика	59,7	216,0	172,0	154,4	101,1	340,2
Домохозяйства, имеющие доступ в интернет из дома*	22,7	75,9	62,4	64,1	81,7	87,6
Отдельные лица, пользующиеся интернетом	32,8	81,4	66,3	60,6	82,3	87,2

*Данные 2021 года

Источник: ITU Key 2021 ICT Data (<https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>)

Основываясь на результатах своих исследований в области наземных сетей передачи, МСЭ подсчитал, что из общемирового населения, численность которого, по некоторым оценкам, составляет 7,9 млрд. человек³, 2,3 млрд. человек (29,3%) проживают в пределах 10 км, 4,5 млрд. (57,9%) – в пределах 25 км, 6,0 млрд. (77,4%) – в пределах 50 км и 7,1 млрд. человек (90,5%) – в пределах 100 км от действующего узла волоконно-оптической сети.

Государственная политика в отношении доступа к широкополосным сетям не должна ограничиваться выявлением пробелов в инфраструктуре и требованием предоставления услуг, она, в первую очередь, должна быть ориентирована на поиск оптимальных способов выявления возможных источников финансирования и более эффективных стратегий поощрения и содействия предоставлению услуг.

² Источник: МСЭ. <https://itu.int/go/Maps>

³ Данные на декабрь 2021 года.

Хотя этому вопросу было посвящено большое количество обсуждений, включая множество исследований и сравнительных оценок, а также предложений в отношении нового анализа государственной политики, направленного на содействие развитию широкополосной связи, лучшая стратегия, однако, всегда предполагает глубокое понимание каждого конкретного проекта. Например, какая инфраструктура – спутниковая или наземная – лучше подходит для предоставления услуг широкополосной связи населению конкретного села? Или, опять же, как определить экономическую целесообразность развертывания волоконно-оптической магистрали в конкретном городе?

Таким образом, существует очевидная необходимость в выявлении, количественной оценке и объективном сравнении различных инфраструктурных проектов для оценки данной государственной политики на основе надежных технических параметров. Но во многих странах директивные и регуляторные органы часто не знакомы с конкретными методиками выполнения этой задачи и полагаются на механизмы оценки, которые могут оказаться не самыми эффективными, что приводит к таким проблемам, как создание недостаточной, а иногда и избыточной инфраструктуры в конкретном районе.

Технологии 5G

Развитие технологий 5G способствовало появлению перспектив далеко идущих изменений в среде электросвязи с созданием новой экосистемы, которая обещает революционизировать способ взаимодействия общества с технологиями.

Проект партнерства третьего поколения (3GPP)⁴ разработал новые глобальные стандарты беспроводной связи для широкополосных сетей. Стандарты сети подвижной связи пятого поколения (5G) позволяют создавать сети нового типа, предназначенные для обеспечения соединения практически всех и всего, включая машины, физические объекты и устройства.

Сектор радиосвязи МСЭ разработал спецификации IMT-2020 (5G)⁵, включающие другие технологии широкополосной связи, которые также охватывают усовершенствования предыдущих сценариев использования подвижной широкополосной связи и расширяют применение технологии 5G в сценариях, где требуется сверхнадежная передача данных с короткой задержкой и массовая межмашинная связь, как описано в концепции IMT, приведенной в Рекомендации МСЭ-R М.2083-0, где содержатся общие задачи будущего развития IMT на период до 2020 года и далее⁶.

IMT-2020 (5G) – это эволюция сетей подвижной широкополосной связи, которая ведет к созданию сетей и услуг с новыми уникальными возможностями. Это обеспечит непрерывность взаимодействия с пользователями в сложных ситуациях, таких как движение с высокой скоростью (например, в поезде), чрезвычайно густонаселенные или малонаселенные районы и поездки с применением разнородных технологий. Кроме того, IMT-2020 (5G) станет ключевым фактором развития интернета вещей (IoT), предоставив платформу для подключения огромного количества датчиков.

Технология 5G разработана как устойчивая и масштабируемая технология. Отрасль электросвязи/ИКТ сбалансирует бурный рост числа пользователей с резким сокращением потребления энергии и увеличением ее сбора и/или аккумуляции. Кроме того, снижение затрат за счет автоматизации ручных операций и оптимизации оборудования позволит заинтересованным сторонам в области ИКТ использовать устойчивые бизнес-модели.

Следовательно, большое значение имеет понимание того, как нужно выявлять и количественно оценивать проекты, связанные с созданием и развертыванием сетей 5G, поскольку они станут

⁴ <https://www.3gpp.org/>

⁵ IMT (Международная подвижная электросвязь) охватывает IMT-2000, IMT-Advanced и IMT-2020. Сектор радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) разрабатывает международные нормы и глобальные стандарты, которые благодаря их применению во всем мире обеспечивают возможность согласования и внедрения широкополосных подвижных сетей, широко известных как сети 3G, 4G и 5G.

⁶ Рекомендация МСЭ-R М.2083-0 (09/2015) "Концепция IMT – Основы и общие задачи будущего развития IMT на период до 2020 года и далее" доступна по адресу <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083>. Дополнительную информацию можно получить на веб-странице Рабочей группы МСЭ-R 5D (РГ 5D), посвященной системам IMT: <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/Pages/default.aspx>.

основной движущей силой будущей государственной политики и политики регулирования в области электросвязи/ИКТ.

Комплект материалов по бизнес-планированию

Настоящий комплект материалов предоставляет директивным и регуляторным органам методику, обеспечивающую возможность точной экономической оценки предлагаемых проектов в области широкополосной связи. В качестве практического инструмента он призван упростить тщательную оценку планов создания и развертывания инфраструктуры.

Данный комплект материалов содержит набор теоретических принципов, а также практические рекомендации по оценке чистой приведенной стоимости (NPV) проектов. В частности, в нем анализируются механизмы, определяющие спрос, операционные расходы и затраты на техническое обслуживание, планируемые доходы, объем необходимых инвестиций и необходимые капитальные затраты, связанные с проектом.

Экономические концепции и концепции учета, используемые в данной методике, широко распространены и задокументированы; дальнейший их анализ или обсуждение как таковых не предлагается. Они просто используются для составления практического руководства по разработке стратегии создания инфраструктуры широкополосной связи и оценки бизнес-планов потенциальных операторов.

- 1) Какие типы данных необходимо использовать?
- 2) Как оценить такие переменные, как спрос, инвестиции и операционные расходы?
- 3) Как оценить стоимость привлечения капитала для различных элементов проекта?

В целях содействия более конкретному пониманию приводятся примеры общих проектов, таких как проекты строительства волоконно-оптических магистралей, широкополосных беспроводных сетей (включая сети 5G) и сетей доступа "волокно до жилого помещения" (FTTH).

Для большей ясности настоящий комплект материалов разбит на следующие разделы.

- 1) Принципы бизнес-планирования в области широкополосной связи.
- 2) Оценка спроса на услуги широкополосной связи.
- 3) Оценка доходов от предоставления услуг широкополосной связи.
- 4) Оценка потребностей в инвестициях для сетей широкополосной связи – капитальные затраты (capex).
- 5) Оценка операционных расходов (opex) на предоставление услуг широкополосной связи.
- 6) Оценка средневзвешенной стоимости капитала (WACC).
- 7) Механизмы финансирования для реализации инфраструктурных проектов в области широкополосной связи.
- 8) Выводы.

В первом разделе излагаются теоретические принципы и методика оценки чистой приведенной стоимости проекта. Это основа любого бизнес-плана по предоставлению услуг широкополосной связи. В этом же разделе объясняется, почему директивные и регуляторные органы могут принять эту методику для использования в целях экономической оценки различных проектов в области широкополосной связи.

Во втором разделе обсуждаются модели и методы оценки спроса на услуги широкополосной связи, а также типы исходных данных, которые могут использоваться. В этом разделе, в частности, рассматриваются следующие вопросы. Как директивные органы могут оценить спрос на услуги? Как он может изменяться со временем? Каким образом этот спрос может удовлетворяться в существующей конкурентной среде?

В третьем разделе речь идет о предполагаемых доходах, создаваемых рассматриваемым проектом. Это фундаментальная переменная, поскольку она определяет, когда и как исходные ресурсы будут обращены в проект инфраструктуры. В этом разделе приведены примеры оценки доходов, ее сопоставления с предполагаемым спросом и возможных изменений этой оценки со временем.

Четвертый раздел посвящен моделированию капитальных затрат. Эта переменная имеет решающее значение для всей экосистемы, и именно здесь моделируется инфраструктура рассматриваемого проекта: обсуждаются типы оборудования, теоретические основы и практические предложения по моделированию инвестиций с течением времени для проектов разного типа.

Пятый раздел посвящен операционным расходам. Какие переменные имеют значение при моделировании сети широкополосной связи? Где взять эту информацию? Каков наилучший подход, который директивные и регуляторные органы могут использовать для моделирования операционных расходов, связанных с проектом?

В шестом разделе рассматривается средневзвешенная стоимость капитала, которая выражается ставкой дисконтирования анализируемого проекта. Что означает этот показатель? Почему он так важен? Как его можно оценить при отсутствии конкретных данных? В этом разделе приведены практические рекомендации по расчету этой сложной переменной.

Седьмой раздел данного комплекта материалов – это резюме, в котором содержится руководство по объединению всех переменных в единый инструмент для оценки чистой приведенной стоимости проекта, обсуждаются механизмы финансирования и рассматриваются различные жизнеспособные альтернативы, которые могут быть приняты. В восьмом и последнем разделе представлены выводы.

Настоящий комплект материалов станет бесценным практическим руководством для директивных и регуляторных органов, работающих над ускорением развертывания сетей широкополосной связи и расширением доступа к ним. Операторы сетей ИКТ также должны использовать собственные дополнительные инструменты оценки проектов для удовлетворения конкретных потребностей руководства и акционеров компаний, но предлагаемый комплект материалов послужит всем в качестве базового понятного руководства по разработке заслуживающего доверия и согласованного бизнес-плана, адаптируемого к широкому спектру инфраструктурных проектов в области широкополосной связи.

1.1 Определение бизнес-плана

В бизнес-плане определяются и организуются основные переменные, связанные с созданием и функционированием предприятия. Единой жесткой и конкретизированной схемы составления бизнес-плана не существует. Однако в хорошем бизнес-плане анализируются все основные элементы рассматриваемой деятельности.

Задачи, определяющие реализацию бизнес-плана по созданию и развертыванию сети широкополосной связи, должны содержать точную оценку ключевых переменных, составляющих бизнес-процесс. Следовательно (помимо таких элементов, как шкалы налогообложения, определяемые соответствующими правовыми актами каждой страны) бизнес-переменные, такие как спрос, доходы, инвестиции, расходы и стоимость капитала, могут и должны изучаться и оцениваться таким образом, чтобы окончательный результат отражал стоимость рассматриваемого проекта.

Кроме того, нельзя недооценивать важность анализа конкурентной среды, в которой будет работать предприятие, поскольку она будет оказывать существенное влияние на такие параметры, как спрос и доходы, приходящиеся на проект.

При оценке экономической ценности актива электросвязи чаще всего используют метод анализа денежных потоков. Согласно этому подходу цена актива (например, радиочастот) должна быть пропорциональна экономическому эффекту, полученному предприятием в результате использования этого актива, за определенный период времени.

Для оценки конкретных компаний и проектов используется методика чистой приведенной стоимости (NPV) свободного денежного потока (FCF). Этот подход широко применяется инвестиционными банками, консалтинговыми компаниями и предпринимателями, когда нужно рассчитать стоимость организации или одного из ее предприятий, будь то для внутренних целей, инвестиционного анализа или в целях слияния и поглощения.

При этом подходе стоимость данного предприятия определяется дисконтированным денежным потоком по ставке, отражающей риск, связанный с инвестициями. Модель NPV включает три фундаментальных принципа определения критерия оптимального инвестиционного решения:

- i) оценка инвестиций рассчитывается на основе операционных денежных потоков;
- ii) в экономическую оценку инвестиций включается риск с учетом предпочтений инвестора в отношении выбора между риском и доходностью;
- iii) результирующий расчет позволяет определить приведенную стоимость активов на основе соответствующей ставки дисконтирования в отношении вознаграждения владельцев капитала.

Основываясь на этой аналитической схеме, регуляторные органы могут использовать стандартный набор финансовых инструментов для расчета стоимости любого конкретного проекта в соответствии с рыночной конъюнктурой.

Чистая приведенная стоимость, рассчитанная по методу дисконтированных денежных потоков, отражает сумму, полученную компанией в рамках данного проекта и превышающую стоимость сделанных инвестиций, уже должным образом возмещенных с определенной нормой прибыли, на альтернативную стоимость капитала. Иными словами, это прибыль, которую может получить предприниматель, за вычетом альтернативных издержек и последующей доходности, которую он мог бы получить, занимаясь другими видами деятельности⁷.

В расчете NPV учитываются оценки всех доходов и расходов за каждый год ведения бизнеса на протяжении всего проекта, а также общие инвестиции, необходимые для реализации услуг.

Иными словами:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{FCF_t}{(1+r)^t},$$

где:

NPV – чистая приведенная стоимость;

FCF_t – свободный денежный поток за период времени *t*;

r – ставка дисконтирования (WACC);

t – количество периодов.

Общая модель расчета свободного денежного потока за определенный период времени имеет следующий вид:

$$FCF = \{[(EBIT(1 - tax\ rate)] + De + Am\} - CAPEX$$

и

$$EBIT^8 = revenue - opex,$$

⁷ Существуют и другие интересные методики оценки компаний и предприятий в финансовом отношении. Например, компании, желающие оценить свои проекты, также используют такие показатели, как окупаемость, внутренняя норма прибыли (IRR) или рентабельность инвестиций (ROI). Что касается настоящего комплекта материалов, который разработан как практическое руководство для регуляторных и директивных органов, важно понимать, что данная методика призвана служить лишь базовой концепцией, достаточной для целей сравнения инфраструктурных проектов в области широкополосной связи.

⁸ EBIT – прибыль до уплаты процентов и налогов.

где:

De – потеря стоимости;

Am – амортизация;

tax rate – задействованные налоговые ставки;

capex – капитальные затраты;

opex – операционные расходы.

Ниже приводится краткое описание того, что означает каждая из этих переменных; в следующих разделах подробно излагается практический метод их оценки.

Спрос

Переменная "спрос" играет особенно важную роль в любом бизнес-плане, поскольку эти данные определяют размер рынка для предлагаемого бизнеса. Определение других переменных, таких как инвестиции, доходы и расходы, неразрывно связано с прогнозированием спроса.

На этом этапе важно подчеркнуть, что оценка поведения спроса производится в пределах периода времени, ограниченного сроками проекта. Таким образом, регуляторному органу требуется точное представление не только о предприятии, нацеленном на предложение желаемых услуг, но и о количестве потенциальных пользователей этих услуг и о том, как оно может меняться с течением времени.

Следовательно, основой для построения точной модели оценки спроса будут служить статистические данные о доходах, предрасположенности к расходам и социально-экономических условиях целевой аудитории бизнеса. Эти данные являются источником информации для всех, кто пытается выполнить оценку коммерческого потенциала; само собой разумеется, что чем точнее модель, тем надежнее будет окончательная оценка.

Доходы

При расчете потенциальных доходов предприятия необходимо хорошо знать текущие условия оказания услуг. Для любого точного анализа необходим сравнительный анализ других рынков, а также учет наличия замещающих продуктов (то есть продуктов, которые будут напрямую конкурировать с предложениями нового предприятия).

Окончательная оценка доходов должна включать полную линейку продуктов (услуг), таких как услуги передачи данных, голосовая связь и т. д. На этом этапе решающее значение для построения согласованной модели имеет знание показателей среднего дохода на одного пользователя (ARPU) за прошлые годы, особенно когда предлагаются услуги, которые уже предоставляются другими. Любой анализ должен соответствовать социально-экономическим условиям рассматриваемого района, поэтому желательно учесть проведенные ранее демографические исследования, относящиеся к расходам.

Операционные расходы (орех)

Эта переменная учитывает все операционные расходы моделируемого бизнеса, которые в совокупности обозначаются как орех. Для регуляторных органов расчет этой переменной затруднен, поскольку подробные общедоступные данные, которые можно было бы использовать для ее измерения, как правило, отсутствуют.

В отсутствие данных регуляторным органам придется прибегнуть к специальному исследованию рассматриваемого бизнеса, обращая внимание на основные технологии, доступные для реализации проектируемой инфраструктуры, а также балансовые отчеты компаний, предоставляющих аналогичные услуги, например операторов подвижной связи, работающих в других полосах частот.

Кроме того, для дополнения анализа состава этих расходов регуляторные органы могут использовать данные бухгалтерского учета, полученные от местных поставщиков услуг.

Еще один важный аспект, который следует рассмотреть, – это поведение расходов в течение срока действия лицензии. Поскольку предлагаемый бизнес теоретически еще не функционирует, исследование, о котором идет речь, должно относиться к новому поставщику, спрос на услуги которого начинается с малого и с годами растет. В результате кривая расходов будет следовать предполагаемому поведению спроса.

Однако такие факторы, как расходы на маркетинг, имеют тенденцию к изменению в соответствии с кривой инвестиций, поскольку они связаны с присутствием бизнеса в данном месте.

Инвестиции (сarex)

Инвестиции являются одной из основ бизнес-плана любого проекта. Эта переменная, обычно называемая капитальными затратами (сarex), в основном охватывает инвестиции в инфраструктуру всех сетей и систем, необходимых для предоставления услуг. Таким образом, регуляторному органу важно обладать достаточными технологическими знаниями, чтобы собрать от поставщиков расценки на соответствующие технологии и оборудование, которые позволят смоделировать строительство гипотетической сети, способной удовлетворить прогнозируемый спрос, указанный в бизнес-плане.

Наконец, для целей моделирования следует отметить, что предлагаемая инфраструктура должна удовлетворять предполагаемый спрос в течение долгого времени, поэтому необходимо учитывать такие аспекты, как реинвестирование и смена технологий.

1.2 Проблемы при разработке бизнес-плана

Ключевым для директивных и регуляторных органов вопросом, возникающим при разработке плана оценки проекта в соответствии с настоящей методикой, является вопрос о том, как оценить каждую из перечисленных выше переменных. Проведение исследования, которое позволит точно оценить эти переменные, – непростая задача из-за возможной информационной асимметрии или неопределенности в отношении будущего поведения конкретного бизнеса.

Количество вовлеченных переменных, равно как и их поведение с течением времени, могут чрезвычайно усложнить моделирование, а точный расчет стоимости проекта может стать невыполнимой задачей, если он не поддерживается надежной методической основой и достаточным количеством дезаггированных данных.

Поскольку директивные и регуляторные органы обычно имеют неполное представление об этих переменных и данных, стандартный подход заключается в выполнении приблизительных оценок каждой переменной в соответствии с надежными статистическими и/или эконометрическими методиками прогнозирования.

Это поднимает фундаментальный вопрос: в какой степени можно доверять исследованию, основанному на прогнозах, целью которого является определение целесообразности государственной политики? Ответ заключается в том, что исполнитель этой политики обычно использует для собственных оценок ту же методику, поэтому существуют подходы, позволяющие согласовать эти вопросы. Для уменьшения информационной асимметрии между регуляторным органом и предприятиями частного сектора можно использовать три разные стратегии:

- i) сравнение или перекрестная проверка отчетов компаний, имеющихся у регуляторного органа (ARPU, количество минут использования (MOU), доход за минуту (RPM) и т. д.), с первичными документами бухгалтерского учета компаний;
- ii) использование документов публичных торгов, поскольку регуляторный орган может определить референтную цену и окончательную цену после подачи заявки, что позволит выявить информационную асимметрию;
- iii) публикация проекта (например, для общественного обсуждения), позволяющая каждому внести свой вклад в предложенную государственным органом прогностическую модель.

Задача регуляторного органа состоит в проведении тщательной методической оценки для смягчения любой асимметрии между предпосылками исследования, на котором основан бизнес-план проекта.

Другой фундаментальный вопрос – необходимость *проверяемости*. Директивные и регуляторные органы постоянно находятся под контролем различных органов власти, организаций по защите прав потребителей и средств массовой информации. Чтобы обеспечить прозрачность и проверяемость, каждый план должен сопровождаться открытыми данными и теоретическими моделями, достаточно надежными, чтобы избежать критики или нападков, основанных на предполагаемом произвольном принятии сомнительных значений для дискреционных переменных.

Между частными агентами, которым известны собственные расходы, цели и проекты по доходам, и государственными органами имеется определенная разница. Частный агент, разрабатывая план, имеет полное представление о рассматриваемых переменных и при общении с акционерами может использовать (или не использовать) их без необходимости гарантировать определенный уровень надежности или проверяемости тех или иных задействованных переменных.

С другой стороны, государственный орган, проводя оценку денежных потоков для данного бизнеса, помимо наличия информационной асимметрии при оценке проекта, также должен оставаться нейтральным и сохранять достаточную проверяемость, чтобы гарантировать уровни надежности и прозрачности, которые требуются от процесса.

Кроме того, в зависимости от институциональной и правовой базы соответствующей страны, часто бывает так, что государственную политику должны представлять, оценивать и проверять надзорные органы, такие как Счетная палата или внешние аудиторы, включая, в некоторых случаях, систему правосудия. Эта ситуация требует, чтобы бизнес-планы, разработанные регуляторным/директивным органом, были достаточно надежными не только для того, чтобы получить одобрение, но и для того, чтобы служить социально-правовыми ориентирами в будущем.

Отсюда вытекают некоторые важные рекомендации. Регуляторный/директивный орган, проводящий исследование, должен:

- **дать четкое экономическое обоснование.** Каждый бизнес-план основан на конкретной экономической модели. Ее определение имеет решающее значение для успеха проекта. В основе бизнес-планирования лежит определение того, как будет работать предприятие, включая указание типов и форм доходов;
- **использовать как можно больше открытых данных.** Использование открытых данных обеспечит прозрачность; полученные оценки будет легко понять и отслеживать;
- **опираться в исследованиях на признанные источники.** Каждый бизнес-план основывается на источниках. Однако решающее значение имеет доверие к этим источникам. Получение информации, данных и результатов анализа от международных организаций или известных авторов придаст плану большую достоверность;
- **использовать проверяемые инструменты.** Совокупность взаимосвязей между всеми переменными, составляющими бизнес-план, очень велика. Поэтому крайне важно, чтобы модели разрабатывались пригодным к прослеживаемости образом, чтобы можно было исправить любые ошибки. Небольшая погрешность, не отраженная должным образом, может сделать жизнеспособный проект невыполнимым – и наоборот;
- **проявлять осторожность в оценках.** Каждому бизнес-плану присущи уровни неопределенности. Нередко встречаются сценарии, приводящие к нескольким результатам как из-за информационной асимметрии, так и из-за необходимости делать большое количество прогнозов. В связи с этим разумно сделать консервативный выбор, допуская определенную погрешность, не наносящую существенного ущерба проекту.

1.3 Бизнес-планирование как инструмент государственной политики

Когда проект имеет положительный экономический эффект (то есть показывает положительную NPV), можно обоснованно ожидать, что он будет со временем реализован без необходимости каких-либо действий или вмешательства со стороны правительства, например в виде предоставления субсидий. Однако директивные и регуляторные органы могут оценить потребность в государственных стимулах для содействия развертыванию сети и предоставлению услуг в определенном необслуживаемом районе.

Такая оценка основана на предпосылке, что при нулевом экономическом эффекте директивный или регуляторный орган должен стимулировать предоставление услуг, чтобы компания имела справедливую прибыль на инвестированный капитал, исходя из среднерыночной стоимости капитала.

Для достижения таких наилучших результатов обычно используются две стратегии: поощрение конкуренции и регулирование ценообразования. На конкурентных рынках цены естественным образом движутся в направлении экономической эффективности. В отсутствие конкуренции некоторое регуляторное вмешательство в процесс ценообразования способно воспроизвести результаты конкурентной среды.

С другой стороны, проекты с отрицательным экономическим эффектом начинаются с позиции экономической нецелесообразности, при этом от степени нецелесообразности обычно зависят необходимость и масштабы государственной помощи, если директивные органы сочтут данный проект необходимым.

Частные агенты обычно выбирают свои проекты в соответствии с перспективой экономической выгоды. Они определяют стратегические приоритеты проектов по результатам анализа предложенных бизнес-планов и, как правило, не реализуют проекты с отрицательной NPV, поскольку те приносят предприятию убытки. Таким образом, проекты с отрицательной NPV обычно не осуществляются, а соответствующие географические районы, такие как сельские районы и районы проживания изолированных сообществ, игнорируются ввиду экономической нецелесообразности и убыточности проектов.

Именно в этом контексте настоящий комплект материалов призван помочь директивным и регуляторным органам оценить общую ценность для общества проектов, не являющихся явно привлекательными с экономической точки зрения. Поскольку государственная политика – это не что иное, как инициатива в отношении того, что решает делать (или не делать) общество, решение об оценке жизнеспособности инфраструктурного проекта в области широкополосной связи, который сам по себе не является экономически выгодным, означает, что он уже считается проектом, представляющим общественный интерес. С этого момента решающим становится определение *степени* нежизнеспособности проекта, поскольку от ответа зависит, будет ли он впоследствии реализован.

На этом этапе многие директивные и регуляторные органы проявляют склонность к техническим заблуждениям, которые необходимо устранить. Например, бытует мнение, что решение о возможности инвестирования в данный проект должно основываться лишь на оценке инвестиционных затрат и капитальных расходов (сарех), связанных с проектом. Так, если охват данной территории за счет предоставления доступа к инфраструктуре беспроводной связи 4G LTE и 5G станет возможным при капитальных затратах в размере 10 млн. долл. США, то часто подразумевается, что это именно та сумма, которую должен выделить государственный спонсор. С финансовой точки зрения это серьезная принципиальная ошибка, потому что:

- i) во внимание принимается только одна бизнес-переменная, а другие важные соображения игнорируются;
- ii) не рассматривается развитие бизнеса с течением времени.

Для достоверной и точной оценки целесообразности инвестиционного проекта необходимо учитывать все переменные. Например, проект может оказаться экономически нежизнеспособным не только из-за высоких инвестиционных затрат, но и из-за того, что прогнозируемых доходов будет недостаточно для возмещения общих затрат. Или, наоборот, доходы могут быть более чем достаточными, но текущие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание в совокупности делают проект экономически нецелесообразным.

С учетом этого лучшим механизмом для измерения степени экономической целесообразности проекта является анализ его чистой приведенной стоимости, поскольку он позволит точно измерить все бизнес-переменные, зависящие от времени, и укажет на разрыв в экономическом эффекте, предоставив регуляторным органам исчерпывающую картину причин экономической нецелесообразности.

Для точной оценки проекта государственной политики в области инфраструктуры широкополосной связи необходимо составить бизнес-план с достаточным временным горизонтом для развития бизнеса и оценки его поведения.

Каждая бизнес-переменная подробно рассматривается в следующих разделах.

2 Оценка спроса на услуги широкополосной связи

Ключевой частью любого бизнес-плана является оценка спроса на предлагаемые услуги. Не используя надежные инструменты оценки спроса, директивные органы рискуют проводить государственную политику, не учитывающую фактических потребностей населения. Например, органы государственной власти могут принять решение инвестировать средства в волоконно-оптическую транспортную сеть в каком-то муниципалитете, чтобы удовлетворить предполагаемый растущий спрос на услуги сетей сверхширокополосного доступа. Однако вследствие социально-экономических факторов в этом муниципалитете может не оказаться достаточного спроса, который бы оправдал строительство волоконно-оптической транспортной сети. Если бы уровень спроса был определен точнее, директивный орган мог бы выбрать проект, отражающий реальные потребности муниципалитета.

Решающее значение для успеха любой оценки спроса имеет понимание его движущих сил. Методы оценки спроса обычно точны для краткосрочного бизнес-планирования. Оценка спроса в долгосрочной перспективе является более сложной задачей, поскольку существует множество непредвидимых факторов, которые неизбежно повлияют на спрос с течением времени, особенно в быстро развивающемся секторе услуг электросвязи. Например, при оценке спроса могут не учитываться услуги, внезапно возникшие с появлением новых технологий. На спрос также влияют экономический спад, политические потрясения или другие финансовые проблемы. Чтобы спрогнозировать долгосрочный спрос, директивным органам следует учитывать социально-политическую и экономическую историю своих стран и хорошо понимать движущие силы спроса. Иногда эти знания могут определять грань между успешным проектом и провалом.

Конечно, точная оценка спроса сама по себе не может гарантировать успех проекта. Но без нее решения об инвестициях, операционных расходах, доходах и выделении других ресурсов могут оказаться основанными на скрытых, неосознанных предположениях, которые часто оказываются ошибочными. Стремление точно оценить рыночный спрос дает больше шансов контролировать основные факторы, влияющие на проект. Кроме того, проведение такой оценки заставляет директивные органы переосмыслить и проанализировать рыночную среду, в которой должна осуществляться государственная политика, и повышает шансы на то, что эта политика будет наилучшим образом удовлетворять потребности растущего населения.

Существует несколько методов оценки спроса. Для оценки потенциального спроса на услуги широко используются такие методы, как сбор данных за прошлые периоды, эконометрические методы, интервью и экспериментальные проверки.

На стабильных рынках спрос обычно можно оценить с помощью эконометрических моделей с упором на оценку ценовой эластичности. Стабильным рынком для тех или иных услуг электросвязи можно считать рынок, на котором эти услуги уже предлагаются в течение многих лет.

Существует множество научных публикаций, посвященных оценке спроса на услуги фиксированной и подвижной связи. Как правило, в них оценивается совокупный спрос на услуги с использованием моделей, основанных на данных временных рядов или на перекрестных данных. К основным факторам, используемым для оценки спроса, относятся:

- стоимость услуг электросвязи;
- доход, выраженный в единицах валового внутреннего продукта (ВВП) или ВВП на душу населения;
- паритет покупательной способности (ППС);
- плотность телефонной связи (количество контрактов на 100 человек населения);
- демографические данные о домохозяйствах – социально-экономическая информация, выраженная в статистической форме, такая как занятость, образование, доход.

При оценке спроса на доступ к услугам и их использование в качестве факторов, стимулирующих спрос, в основном применяются цена и доход. Модели спроса этого типа могут применяться для разных стран, если используются независимые переменные данные рассматриваемой страны. Оценка ценовой эластичности, вероятно, будет зависеть от дохода, структуры торговли и различных

культурных особенностей страны. По этой причине расчетная ценовая эластичность всегда зависит от страны.

Базы данных профилей стран, показателей мирового развития, ВВП, паритета покупательной способности и оценок численности населения можно найти на веб-сайте открытых данных Всемирного банка⁹. Показатели и статистические данные по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ) приведены на веб-сайте Центра данных МСЭ (ITU DataHub)¹⁰. Центр данных МСЭ – это универсальный источник показателей и статистики в области электросвязи/ИКТ, нормативно-правовой информации, информации о тарифной политике государств и о методах определения затрат. Кроме того, МСЭ занимается техническими и экономическими исследованиями, а также исследованиями в области политики и регулирования и собирает данные об эволюции развития инфраструктуры, распространяя их по всему миру; эта информация доступна на портале развития инфраструктуры МСЭ¹¹.

Оценка спроса на новые услуги представляет собой более сложную задачу. Новые услуги связаны с новыми способами использования и поддерживаются новым оборудованием и новыми технологиями. В принципе прогнозирование новых услуг электросвязи ничем не отличается от прогнозирования таких услуг в других областях, однако задача прогнозирования поведения неизведанного рынка отпугнула большинство ученых-прогнозистов, так что они избегают этой области.

В отношении новых услуг, как до, так и после ввода их в эксплуатацию, необходимо решить две ключевые задачи прогнозирования: оценку рыночного потенциала разных поколений услуг и, что не менее важно, оценку пути распространения, то есть темпов и времени освоения нового продукта, что в свою очередь дает объем продаж по периодам¹². Для многих приложений также потребуются данные об интенсивности использования новой технологии. Перед вводом в эксплуатацию ключевыми факторами, определяющими успех, являются рыночный потенциал и количество новых участников рынка, но со временем более важными становятся коэффициент оттока (описывающий изменение поведения потребителей в отношении разных технологий и конкурентов), коэффициент отсева и коэффициент использования.

Основными элементами оценки спроса на новые услуги служат так называемые опросы о намерениях, оценка характеристик услуг, модели выбора, пробные рынки и/или проведение аналогий с другими продуктами или даже с другими странами.

Данные, используемые для оценки спроса на новые услуги, собираются либо методом опроса, либо (иногда) экспериментальным путем. Можно либо рассмотреть ряд альтернативных услуг, либо просто задать вопрос о том, намерен ли респондент купить конкретную услугу. Можно также направить анкету группе экспертов, чтобы получить профессиональную оценку новых услуг. В последнем случае полезно использовать метод Дельфи¹³.

Для большинства услуг электросвязи характерно типовое применение, так что новые поколения технологий обеспечивают уже существующие услуги и расширяют диапазон возможных применений, например технология подвижной связи 4G LTE позволяет предлагать те же услуги, что и технология 3G. В данном случае новая технология заменяет услуги голосовой связи, предлагаемые в сетях 3G, и расширяет диапазон применений, поддерживая более совершенные приложения передачи данных.

Появление технологии 5G принесло важное исключение из этого правила – она характеризуется высокой степенью эволюции и обладает революционными техническими характеристиками по сравнению с технологиями подвижной связи предшествующих поколений.

⁹ Веб-сайт открытых данных Всемирного банка доступен по адресу <https://data.worldbank.org/data-catalog>.

¹⁰ Веб-сайт ITU DataHub МСЭ доступен по адресу <https://datahub.itu.int/>.

¹¹ Портал развития инфраструктуры МСЭ доступен по адресу <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/InfrastructurePortal.aspx>.

¹² Fildes and Kumar (2002).

¹³ Метод Дельфи – это метод оценки, предусматривающий консультации с группой экспертов по поводу будущего события с помощью анкеты, которая неоднократно передается экспертам до тех пор, пока не будет достигнут консенсус – подробнее см. на с. 29. См. также: Okoli, C., & Pawlowski, S. D. (2004) The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications, *Information & management*, Volume 42 Issue 1, 15-29.

С точки зрения предоставления услуг основное отличие заключается в возможности использования одной и той же сетевой инфраструктуры. Основываясь на этой характеристике, можно ожидать, что технология 5G позволит предоставлять услуги, заменяющие традиционные услуги подвижной и фиксированной широкополосной связи. В дополнение к возможности установления соединений, передачи трафика и совместного использования сети с помощью сквозных решений сеть 5G может предложить нишевые продукты, поддерживающие цифровую трансформацию ряда секторов экономики, таких как агропроизводство, транспорт, горнодобывающая промышленность, логистика и промышленное производство.

Таким образом, в отличие от услуг 3G и 4G бизнес-модели с использованием технологии 5G будут основываться на предоставлении услуг по четырем направлениям: подвижная широкополосная связь (известная как усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB)); фиксированная широкополосная связь с использованием технологии фиксированного беспроводного доступа (ФБД); новые направления (приложения предприятие–предприятие (B2B) и предприятие–потребитель (B2C)), которые будут развиваться благодаря сверхнадежной связи с короткой задержкой (URLLC); а также массовая межмашинная связь (mMTC).

Следовательно, потенциал рынка можно оценить, рассматривая задачу как комбинацию предыдущего рынка и рынка новых услуг, создаваемого в результате расширения диапазона применений. Эконометрические модели можно использовать для оценки совокупного спроса на услуги, а метод Дельфи – для разбивки этого спроса в соответствии с привлекательностью технологий каждого поколения.

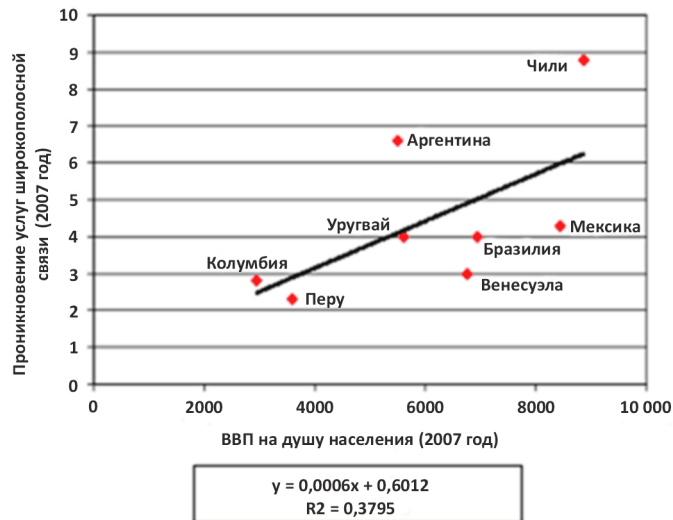
Важно отметить, что неточные предположения не являются следствием недостатка методов прогнозирования. Такие методики, как регрессионный анализ, сглаживание исторических тенденций, метод Дельфи/экспертная оценка, оценка характеристик, пробные рынки и др., доступны всем. Авторы большинства неточных прогнозов спроса исходят из ошибочного предположения о неизменности сложных взаимосвязей, определявших спрос в прошлом. Директивным органам всегда следует помнить, что прошлый опыт может оказаться ненадежным ориентиром, поскольку появляются новые технологии, меняются предпочтения потребителей, продолжают развиваться отрасли и меняются режимы регулирования.

2.1 Оценка спроса с использованием эконометрических методов

Для оценки потребностей в услугах широкополосной связи в данном регионе можно разработать простую регрессионную модель зависимости от размера экономики (аналогичную моделям проникновения традиционных услуг электросвязи). В этой простой регрессионной модели используются существующие уровни проникновения услуг широкополосной связи в группе стран и валовой внутренний продукт (ВВП) каждой страны.

Такую модель использовал Кац (2009 год)¹⁴ для оценки спроса на услуги широкополосной связи в Латинской Америке. В соответствии с ней существует прямая связь между ВВП и проникновением услуг широкополосной связи, поскольку ожидается, что в странах с более высоким уровнем дохода на душу населения большая доля населения будет заключать контракты на услуги широкополосной связи.

¹⁴ Katz, Raul L. (2009) Estimating broadband demand and its economic impact in Latin America, in Proceedings of the 3rd ACORN-RE-DECOM Conference, Mexico City.

Рисунок 2: Регрессионная кривая (проникновение услуг широкополосной связи в зависимости от ВВП на душу населения)¹⁵

Источник: МСЭ

Еще один простой в применении метод разработан ОЭСР и опубликован в 2008 году¹⁶. Он основан на кросс-секционной модели и использует данные по странам ОЭСР. Работа ОЭСР показала, что наилучшая модель для оценки спроса на услуги широкополосной связи основана на зарегистрированных значениях проникновения, цены, ВВП на душу населения (GDPPC) и количества лет, прошедших с момента ввода в коммерческую эксплуатацию услуг цифровых абонентских линий (DSL).

Полезной характеристикой этой модели является то, что значения коэффициентов при логарифме цены и логарифме GDPPC можно интерпретировать как эластичность:

$$\log(\text{PEN}) = \alpha + \beta \log(\text{PRICE}) + \gamma \log(\text{GDPPC}) + \delta \text{YSL} + \theta \text{YSL}^2 + \varepsilon.$$

Модель ОЭСР предполагает, что:

- эластичность спроса по цене в долгосрочной перспективе находится в диапазоне неэластичности. Коэффициент $-0,43$ указывает на то, что снижение цены на 1 процент приведет к увеличению спроса в долгосрочной перспективе на 0,43 процента. По-видимому, спрос не сильно зависит от цены. Однако эта эластичность приближается к верхнему пределу типичной ценовой эластичности спроса на услуги аренды телефонных линий, а также на услуги местной и междугородной голосовой связи в развитых странах;
- долгосрочная эластичность спроса по доходу, измеряемая GDPPC, несколько выше. Например, повышение уровня благосостояния на 1 процент приводит к увеличению спроса на 0,78 процента. Это также согласуется с другими исследованиями эластичности спроса по доходу, которые указывают на то, что в странах с более высоким доходом данный коэффициент меньше единицы;
- коэффициенты при YSL и YSL² показывают, что рост спроса на услуги широкополосной связи носит нелинейный характер и находится в фазе интенсивного роста. Коэффициент при YSL², как и следовало ожидать, отрицательный.

Эту кросс-секционную модель можно использовать для оценки проникновения услуг в данной стране или даже для оценки новой модели, основанной на характеристиках стран определенного региона или стран, имеющих некоторое сходство с целевой страной, например, по социально-экономическим или географическим показателям.

¹⁵ Katz (2009).

¹⁶ Cadman, R. and Dineen, C. (2008) Price and income elasticity of demand for broadband subscriptions: A cross-sectional model of OECD countries, SPC Network 19, 03-08.

Хотя представленные выше модели предназначены для оценки спроса на услуги фиксированной широкополосной связи, их также можно использовать для оценки спроса на услуги подвижной широкополосной связи, заменив проникновение услуг фиксированной широкополосной связи и цены на контракты на такие услуги проникновением услуг подвижной связи и соответствующими ценами.

Регуляторные органы, имеющие доступ к соответствующим данным, могут также оценить спрос на услуги с использованием моделей на основе групповых данных. Хаусман и Рос (2013 год)¹⁷ оценили модели спроса на услуги подвижной и фиксированной связи, используя групповые данные по схожим с Мексикой странам, составив выборку сопоставимых стран по уровню дохода (ВВП на душу населения). Хотя для ранжирования в исследовании Хаусмана и Роса использовались рыночные обменные курсы, выборка сопоставимых стран не изменится и при использовании индекса паритета покупательной способности. Была составлена выборка стран с показателем ВВП на душу населения чуть выше и чуть ниже, чем в Мексике. Критериями отбора служили страны со схожим с Мексикой уровнем ВВП на душу населения, по которым имеются данные о ценах на услуги подвижной связи. Таким образом, с помощью эконометрических моделей распределения спроса и цен на услуги подвижной связи для выборки из 17 стран были определены показатели эластичности спроса на услуги подвижной связи по цене и по ВВП на душу населения в Мексике.

Для устранения предвзятых и противоречивых оценок был принят подход оценки с фиксированным эффектом. Оценка эластичности спроса по цене, составляющая примерно $-0,50$, и оценка эластичности спроса по ВВП на душу населения, составляющая около $0,45$, достаточно точны (то есть статистически значимы) и показывают, что экономические переменные оказывают существенное влияние на количество контрактов на подвижную связь.

Полученные модели доказали, что цена и ВВП на душу населения являются важными факторами, определяющими спрос на услуги подвижной связи.

2.2 Оценка спроса с использованием метода Дельфи

Метод Дельфи – это метод оценки, предусматривающий консультации с группой экспертов по поводу будущего события с помощью анкеты, которая неоднократно передается экспертам до тех пор, пока не будет достигнут консенсус. Этот метод с более чем 50-летней историей применения признан одним из лучших инструментов долгосрочного прогнозирования и широко используется для разработки государственной политики в ряде стран.

В первом раунде вопросы направляются выбранной группе экспертов отрасли электросвязи. Эти эксперты в основном выбираются из числа национальных компаний-операторов связи, поставщиков оборудования, академических учреждений, научно-исследовательских центров, специализированных отраслевых изданий, отраслевых ассоциаций и регуляторных органов.

Ответы, полученные в первом раунде, объединяются и анализируются. Для второго раунда отбираются вопросы с наибольшим расхождением (между средним и медианным значениями по полученным ответам). В этом раунде каждому из экспертов показывают среднее значение, медианное значение и ответ, данный в первом раунде, и спрашивают, желают ли они сохранить свой первоначальный ответ или изменить его.

Результаты второго раунда консолидируются, и для каждого вопроса выбирается центральный – средний или медианный – показатель тенденции, который должен использоваться в прогнозе спроса. Выбранный показатель, критерий отбора и полученные результаты по каждому вопросу детализируются. Если результаты по-прежнему будут различаться, могут быть инициированы новые раунды. Цель состоит в том, чтобы сократить диапазон разброса ответов экспертов и прийти к чему-то близкому к консенсусу.

¹⁷ Hausman, J. A., and Ros, A. J., (2013) An econometric assessment of telecommunications prices and consumer surplus in Mexico using panel data, *Journal of Regulatory Economics*, Volume 43 Issue 3.

В анкете могут ставиться вопросы о плотности телефонной связи, распространении и потреблении новых услуг или технологий, а также об ожидаемом развитии технологий нового поколения. В анкете можно оценивать значения за каждые пять или десять лет, например 2020, 2025, 2030, 2040 и 2050 годы.

Таблица 2: Примеры вопросов анкеты для оценки спроса по методу Дельфи

Вопрос	Наблюдаемые значения				Оценка			
	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2020 год	2025 год	2030 год	2050 год
1. Количество контрактов на подвижную сотовую связь на 100 человек населения	44%	50%	55%	65%				
2. Интернет вещей (IoT)/межмашинный доступ (M2M) на 100 человек населения			0,02	0,03				
3. Количество минут использования (MoU) на одного абонента подвижной связи	82	91	86	109	115			
4. Степень использования мобильных данных на один контракт на подвижную широкополосную связь			15	35	59			
5. Эволюция поколений технологий подвижной связи:								
2G	99%	94%	90%					
3G	1%	6%	10%					
4G	0%	0%	0%					
5G	0%	0%	0%					
6. Количество контрактов на фиксированную широкополосную (проводную) связь на 100 человек населения								
7. Доля волоконно-оптических сетей среди применяемых технологий фиксированного доступа в жилых помещениях в целом	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
8. Доля волоконно-оптических сетей среди применяемых технологий фиксированного доступа в нежилых помещениях в целом	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
9. Средняя скорость широкополосного доступа (Мбит/с)			170%	180%				

Источник: МСЭ

Основываясь на сводных результатах за каждый год, по которым получена оценка, с помощью линейной интерполяции или s-образной кривой можно получить оценки для оставшихся лет.

Эта методика представляет собой попытку эффективно использовать в долгосрочном прогнозировании интуитивное суждение, основанное на имеющейся информации и идеально подходит для оценки долгосрочного спроса и спроса на новые услуги и технологии.

2.3 Разбивка спроса по разным сегментам

После оценки совокупного спроса следующим шагом является разбивка общего спроса на основные составляющие для отдельного анализа. Результаты применения метода Дельфи также могут помочь в этой разбивке.

При выборе рыночных сегментов следует помнить о двух критериях: каждая категория должна быть достаточно мелкой и однородной, чтобы можно было последовательно применять факторы, влияющие на спрос, к различным ее элементам, и в то же время достаточно крупной, чтобы анализ стоил затраченных усилий.

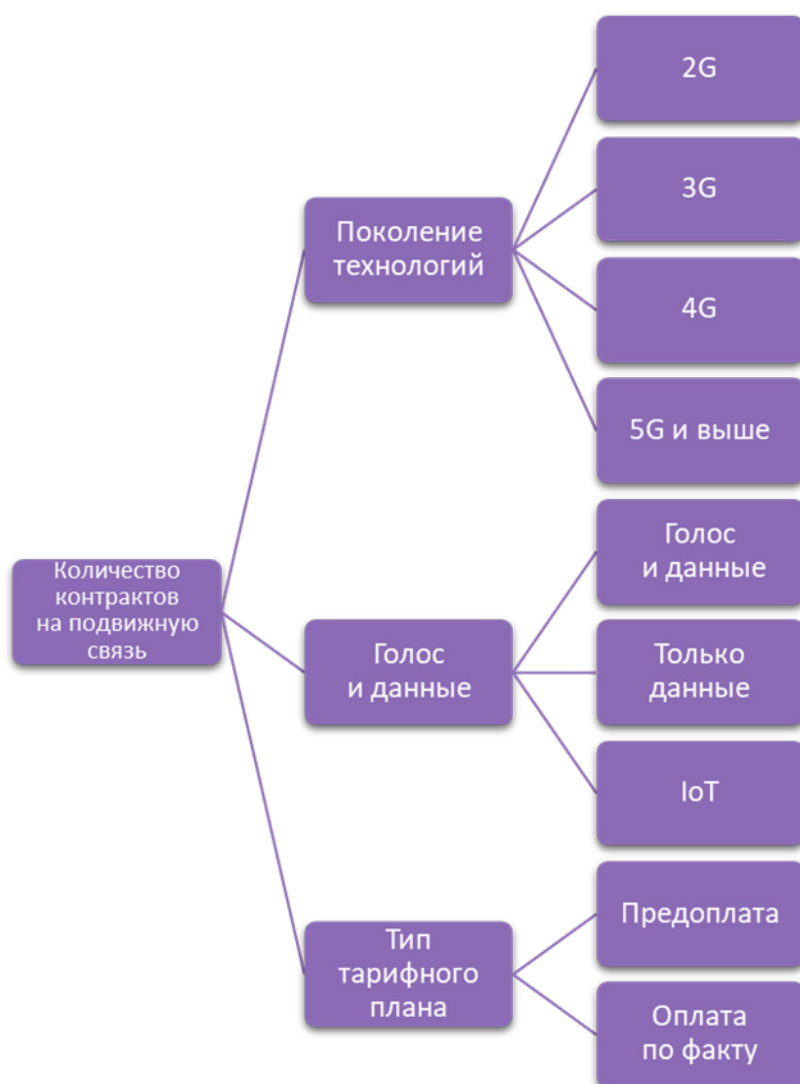
При принятии этого решения полезно представить себе альтернативную сегментацию, например по группам конечных потребителей (жилые или нежилые помещения и т. п.) или по типу покупок (тарифные планы с предоплатой или с оплатой по факту и т. п.). Следующий шаг – выдвинуть гипотезу о ключевых факторах, влияющих на спрос, для каждого сегмента и решить, сколько деталей требуется для отражения реальной ситуации. По мере продолжения оценки к этому этапу можно возвращаться и повторно рассматривать его, чтобы понять, остаются ли в силе первоначальные решения.

Размышляя об уровне сегментации спроса, необходимо решить, использовать ли существующие данные о размерах сегментов или провести новое исследование, чтобы получить независимую оценку. На веб-сайте DataHub МСЭ¹⁸ имеется широкий спектр общедоступной информации об уровнях спроса за прошлые годы в разбивке по сегментам для многих стран. Кроме того, некоторые национальные регуляторные органы предоставляют широкий спектр статистических данных и показателей по своему сектору электросвязи, которые также можно использовать.

Даже при наличии хороших источников данных имеющаяся информация может не быть разбита по наилучшим категориям для поддержки глубокого анализа. В таких случаях важно решить, составлять ли прогнозы на основе имеющихся данных за прошлые годы или провести новый этап экспертной оценки, для чего может потребоваться много времени и средств.

Например, разбивку совокупного спроса на услуги подвижной связи можно представить, как показано на Рисунке 3.

Рисунок 3: Пример разбивки спроса на услуги подвижной широкополосной связи

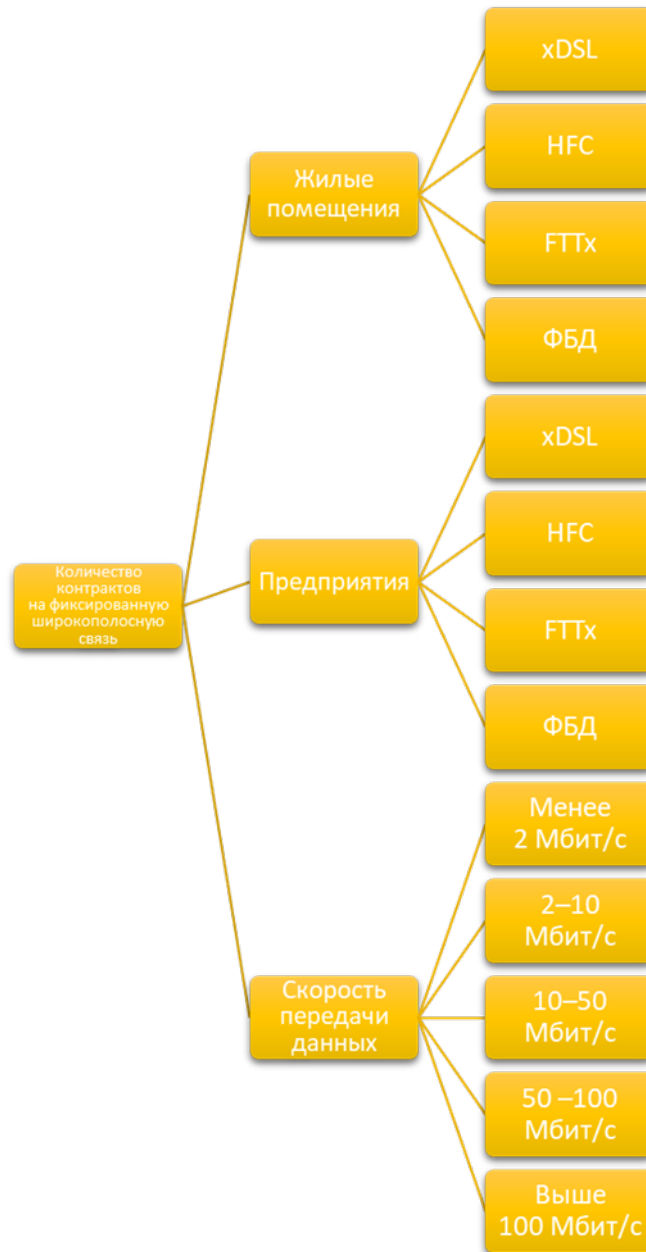


Источник: Составлено на основе Fields and Kumar (2002)

Разбивку совокупного спроса на услуги фиксированной широкополосной связи можно представить, как показано на Рисунке 4.

¹⁸ Веб-сайт ITU DataHub МСЭ доступен по адресу: <https://datahub.itu.int/>.

Рисунок 4: Пример разбивки спроса на услуги фиксированной широкополосной связи



Источник: Составлено на основе Fields and Kumar (2002)

Чтобы обеспечить наилучшие характеристики бизнес-плана с учетом имеющихся данных, директивным органам при разбивке совокупного спроса важно помнить о цели государственной политики, которую они стремятся достичь.

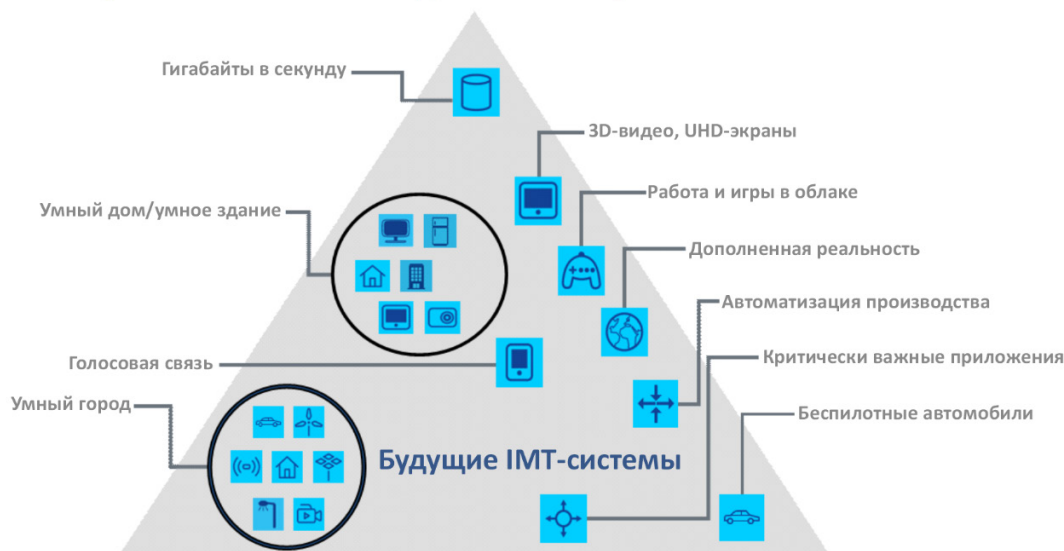
2.4 Оценка спроса на услуги 5G

Как показано на Рисунке 5, сети IMT-2020 (5G) внесут серьезные изменения в традиционные бизнес-модели услуг электросвязи, поскольку они позволят предоставлять услуги по трем сценариям:

- a) усовершенствованная подвижная широкополосная связь (eMBB);
- b) сверхнадежная связь с короткой задержкой (URLLC);
- c) массовая межмашинная связь (mMTC).

Рисунок 5: Сценарии использования IMT-2020

Усовершенствованная подвижная широкополосная связь



Массовая межмашинная связь

Сверхнадежная связь с короткой задержкой

Источник: Рекомендация МСЭ-R М.2083 "Концепция IMT – Основы и общие задачи будущего развития IMT на период до 2020 года и далее"¹⁹

При оценке спроса, относящегося к предоставлению услуг усовершенствованной подвижной широкополосной связи (eMBB), следует придерживаться тех же принципов, что и при оценке спроса на услуги подвижной связи. С внедрением технологии 5G поставщики услуг станут предлагать услуги телефонной связи и услуги и приложения подвижного широкополосного доступа с лучшими показателями скорости, пропускной способности и задержки.

Кроме того, по каждому рынку можно наблюдать профили роста и спада (углы наклона кривых) для различных технологий, а также период освоения для построения прогностических кривых по каждой технологии. Спрос на услуги технологического цикла 5G следует оценивать на каждом рынке, и в предположении, что услуги цикла 5G будут следовать кривым спроса, характерным для предыдущих поколений технологий подвижной связи, для каждого рынка необходимо применять аналогичные профили кривых роста. Также важно отметить, что в первые годы внедрения новых технологий процент контрактов располагается выше кривых, характерных для предыдущих технологий. Этот период называется "время освоения технологии". Тенденция также показывает, что после каждого периода роста процент контрактов на услуги, предоставляемые по новой технологии, стабилизируется до появления более новой технологии.

Вторым типом услуг, предоставляемых в сетях 5G, являются услуги фиксированной широкополосной связи, предоставляемые по сетям фиксированного беспроводного доступа (ФБД). Это станет возможным благодаря наличию ресурсов подвижной сети для предоставления услуг eMBB. Также можно рассмотреть модель, в которой eMBB и ФБД вводятся одновременно. В дополнение к мультисервисным возможностям 5G высокие скорости, характерные для новой технологии, оправдывают такое предположение, так как исключается необходимость вкладывать средства в (волоконно-оптическую) сеть доступа для подключения пользователей.

Чтобы оценить спрос, связанный с предоставлением услуг ФБД, необходимо изучить рынок фиксированной широкополосной связи. Поскольку услуги ФБД имеют характеристики, аналогичные услугам фиксированной широкополосной связи, спрос на них составит часть общего предполагаемого спроса на услуги фиксированной широкополосной связи.

¹⁹ Рекомендация МСЭ-R М.2083. <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083>

Поскольку это относительно новое направление развития для поставщиков услуг подвижной связи, вместо оценки спроса на услуги в этом сегменте в отрасли электросвязи были выполнены исследования и оценки перспективности в целях прямой оценки доходов от бизнеса 5G (см. раздел 3.3).

Подводя итоги вышесказанному, следует отметить, что спрос, способствующий инвестициям в сети 5G, будет обусловлен развитием трех отдельных направлений деятельности, которые обеспечит инфраструктура подвижной связи нового поколения: услуги подвижной связи, услуги фиксированной широкополосной связи и приложения на основе URLLC и mMTC.

2.5 Оценка доли рынка потенциально нового оператора

Следующим шагом после определения спроса на услуги является моделирование распределения рынка в отношении потенциального нового участника или уже существующей компании, которая будет выполнять задачи государственной политики, в контексте текущей конкурентной среды.

При моделировании рынка всегда следует учитывать действующие регуляторные правила и критерии, касающиеся предоставления услуг, ограничения спектра, распределения полос радиочастот и поведения рынка.

При оценке доли рынка потенциального оператора фиксированной широкополосной связи следует учитывать статус-кво существующих участников рынка и наличие нормативных положений, направленных на развитие конкуренции, которые могут повлиять на текущий конкурентный сценарий в среднесрочной перспективе. Если кажется, что статус-кво сохранится, можно просто воспроизвести текущую долю рынка существующих операторов с небольшими вариациями до окончания проекта.

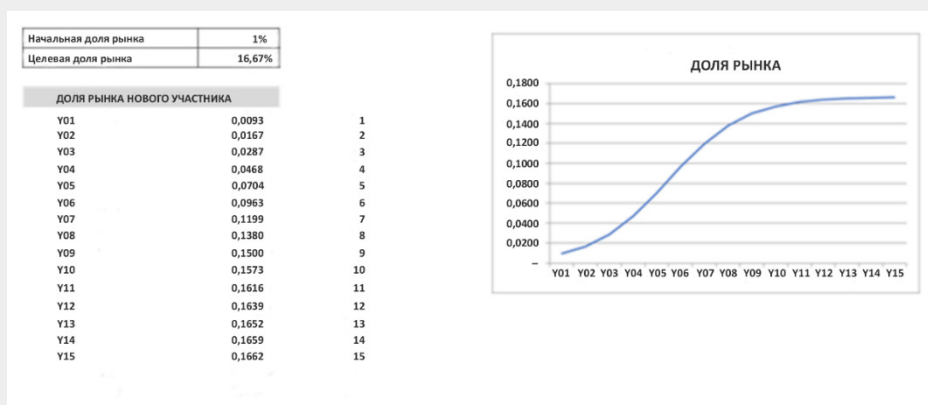
Если же в долгосрочной перспективе ожидаются улучшения в конкурентном сценарии, то следует предполагать, что доля рынка устоявшихся операторов с течением времени изменится, и новые участники могут получить свою долю рынка. Затем для моделирования можно использовать S-образную кривую, чтобы получить прогноз развития доли рынка до окончания проекта.

При оценке доли рынка потенциального оператора подвижной широкополосной связи, помимо учета вышеизложенных соображений, необходимо принять во внимание правила по ограничению спектра, а также любые нормативные положения, касающиеся операторов подвижных виртуальных сетей или совместного использования сетей радиодоступа. Получив эту информацию, можно смоделировать возможное развитие конкурентного сценария в течение проекта и оценить долю рынка реализующего его оператора, вновь воспользовавшись моделями на основе S-образной кривой²⁰.

²⁰ Модели на основе S-образной кривой можно использовать в секторе электросвязи/ИКТ для описания поведения новой услуги на рынке. Модель на основе S-образной кривой характеризуется пологим началом, когда услугой пользуются лишь ранние пользователи и участники нишевых рынков. Затем кривая резко устремляется вверх, когда новая услуга быстро распространяется и приобретает доминирующее положение на рынке. После этого периода быстрого роста услуга сохраняет высокий уровень популярности, но при медленном росте, что часто свидетельствует о зрелом, но насыщенном рынке.

Оценка доли рынка потенциального нового оператора

Сценарий. Рассчитанный на 15 лет проект сети фиксированной широкополосной связи реализуется новым участником рынка. В данной области регуляторный орган по электросвязи принимает ряд мер по усилению конкуренции, направленных на достижение долгосрочного уровня конкуренции, при котором рынок будет распределен между операторами примерно поровну. На рынке услуг фиксированного широкополосного доступа уже действуют пять операторов; новый участник будет шестым. Кривая доли рынка нового оператора начинается около нуля, но в ходе реализации проекта будет расти, пока эта доля не достигнет уровня, намеченного регуляторным органом. Для моделирования поведения этого нового участника на протяжении всего проекта можно использовать S-образные кривые.



Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

3 Оценка доходов от предоставления услуг широкополосной связи

На этом этапе производится оценка доходов, связанных с прогнозируемым спросом. Простейший способ оценить чистый доход состоит в том, чтобы рассчитать средний доход на одного пользователя (ARPU) для услуг или сегментов услуг, которые должны предоставляться в соответствии с бизнес-планом.

Получив значение ARPU, его затем умножают на предполагаемый спрос, чтобы получить чистый доход, как показано на Рисунке 6.

Рисунок 6: Оценка чистого дохода



Источник: МСЭ

Однако получить ARPU для конкретных внедряемых услуг не всегда возможно, поэтому могут потребоваться некоторые коррективы, такие как использование ARPU аналогичных услуг. Кроме того, ARPU редко остается постоянным на протяжении всего жизненного цикла проекта, поэтому необходимо сделать некоторые предположения, чтобы спрогнозировать, как он может измениться в ходе реализации проекта.

Ниже объясняются некоторые параметры, которые можно использовать для оценки доходов от проектов сетей широкополосной связи, а также предлагается подход к оценке возможных изменений дохода в ходе реализации проекта.

3.1 Оценка доходов для проектов сетей подвижного широкополосного доступа

Прежде всего следует отметить, что хотя реализуемый проект представляет собой сеть подвижного широкополосного доступа, с точки зрения конечного пользователя он фактически является проектом предоставления услуг подвижной связи, то есть услуг передачи голоса и данных по подвижной сети. Поэтому для оценки ARPU проекта предлагается взять за основу значения ARPU услуг подвижной связи, которые будут предоставляться.

Кроме того, анализ показывает, что несмотря на эволюцию технологий подвижной связи (2G, 3G, 4G, 5G), значительных изменений в отношении ARPU, вызванных этими новыми поколениями технологий, не произошло. В целом стоимость тарифных планов для конечных пользователей по сути осталась практически прежней; то есть хотя с точки зрения объема и качества передачи данных услуги совершенствовались, цена, которую платит пользователь, существенно не изменилась. Короче говоря, на протяжении многих лет пользователи по одной и той же цене получали все больше выгод от большего количества вызовов и сообщений и более интенсивной передачи данных с более высокими скоростями и даже дополнительные услуги. Для целей моделирования это означает, что для оценки доходов от новых услуг широкополосной подвижной связи можно использовать данные по ARPU услуг подвижной связи за прошлые годы.

Если эти данные доступны и спрос можно сегментировать, то можно повысить точность прогнозов, распределив ARPU между услугами с предоплатой и оплатой по факту.

3.2 Оценка доходов для проектов фиксированного широкополосного доступа

В целях оценки доходов для проектов фиксированного широкополосного доступа рекомендуется использовать ARPU услуг фиксированной широкополосной связи. Как правило, поставщики услуг на рынке фиксированной широкополосной связи предлагают как минимум два основных профиля

тарифных планов – низкоскоростной и высокоскоростной. В настоящее время низкоскоростной профиль соответствует тарифным планам на услуги со скоростью передачи данных до 20–25 Мбит/с, а высокоскоростной – 25 Мбит/с и выше.

Опять же, если имеются доступные данные и спрос можно сегментировать, то распределение ARPU между низко- и высокоскоростными тарифными планами, как правило, приводит к более точным прогнозам.

Оценка доходов для проектов фиксированного широкополосного доступа

Предположим, что в стране W планируется реализовать рассчитанный на 10 лет проект сети фиксированного широкополосного доступа. Операторы сетей в этой стране обычно предлагают два основных вида услуг широкополосной связи – низкоскоростные и высокоскоростные.

ARPU в стране W составляет:

- для низкоскоростных услуг – 22 долл. США;
- для высокоскоростных услуг – 48 долл. США.

В течение последних пяти лет показатель ARPU неуклонно снижался на 0,5 процента в год. Предполагается, что в течение десятилетнего периода реализации проекта эта тенденция сохранится. После оценки общего ARPU за все годы реализации проекта можно оценить совокупный доход, умножив годовой спрос на совокупный ARPU за тот же год.

Следует отметить, что в первый год работы рекомендуется учитывать доходы только за шестимесячный период, поскольку с момента развертывания сети до ввода в коммерческую эксплуатацию должно пройти время.

Эволюция ARPU услуг фиксированной широкополосной связи					
	Низкоскоростные услуги		Высокоскоростные услуги		
1-й год	долл. США	22,00	долл. США	48,00	
2-й год	долл. США	21,89	долл. США	47,76	
3-й год	долл. США	21,78	долл. США	47,52	
4-й год	долл. США	21,67	долл. США	47,28	
5-й год	долл. США	21,56	долл. США	47,05	
6-й год	долл. США	21,46	долл. США	46,81	
7-й год	долл. США	21,35	долл. США	46,58	
8-й год	долл. США	21,24	долл. США	46,34	
9-й год	долл. США	21,14	долл. США	46,11	
10-й год	долл. США	21,03	долл. США	45,88	
Оценка спроса на услуги фиксированной широкополосной связи					
	Низкоскоростные услуги		Высокоскоростные услуги		
1-й год		25 650		1 350	
2-й год		43 200		4 800	
3-й год		90 100		15 900	
4-й год		132 000		33 000	
5-й год		183 000		61 000	
6-й год		221 900		95 100	
7-й год		248 950		134 050	
8-й год		283 200		188 800	
9-й год		319 000		261 000	
10-й год		358 500		368 500	
Совокупный доход					
	Низкоскоростные услуги		Высокоскоростные услуги		СОВОКУПНЫЙ ДОХОД
1-й год	долл. США	3 385 800	долл. США	388 800	долл. США 3 774 600
2-й год	долл. США	11 347 776	долл. США	2 750 976	долл. США 14 098 752
3-й год	долл. США	23 549 131	долл. США	9 067 045	долл. США 32 616 176
4-й год	долл. США	34 327 889	долл. США	18 724 303	долл. США 53 052 192
5-й год	долл. США	47 352 983	долл. США	34 438 533	долл. США 81 791 516
6-й год	долл. США	57 131 632	долл. США	53 421 786	долл. США 110 553 418
7-й год	долл. США	63 775 598	долл. США	74 925 178	долл. США 133 700 777
8-й год	долл. США	72 186 958	долл. США	104 999 212	долл. США 177 186 170
9-й год	долл. США	80 905 725	долл. США	144 426 749	долл. США 225 332 475
10-й год	долл. США	92 992 762	долл. США	202 893 298	долл. США 295 886 060

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

3.3 Оценка доходов новых направлений бизнеса, связанных с технологией 5G (URLLC и mMTC)

Самую большую проблему для моделирования в целях получения прогноза доходов составляют новые беспрецедентные возможности для бизнеса, предоставляемые сетями 5G, поскольку отсутствуют эффективные стабильные примеры стран, где технология 5G уже внедрена.

Похоже, что в отношении спроса на использование ресурсов, предоставляемых технологией 5G в вертикальных отраслях²¹, нет единого мнения. Учитывая потенциал применений в вертикальных отраслях, подразумевается, что это будут сквозные решения типа B2B и B2C с использованием инфраструктуры и характеристик сетей 5G в качестве поддержки, но выходящие за рамки традиционной модели рынка услуг электросвязи. Поскольку операторы, развертывающие сети 5G, будут предлагать услуги, выходящие за рамки концепции услуг электросвязи, это новое направление бизнеса можно классифицировать как корпоративные предложения, связанные с предоставлением инфраструктуры и возможности установления соединений.

Предпринимаются попытки использовать в качестве способа измерения дохода количественную оценку влияния вертикальных отраслей на рынке услуг электросвязи, взяв за основу процент дохода от услуг подвижной связи с использованием технологии 5G в более устоявшихся сегментах, а именно сегментах eMBB и ФБД. Например, компания Ericsson (2019 год) заявляет, что "использование этих возможностей позволит поставщикам услуг получать к 2030 году дополнительные потоки доходов на уровне до 35 процентов к текущему объему бизнеса". А в отчете, опубликованном компанией Huawei

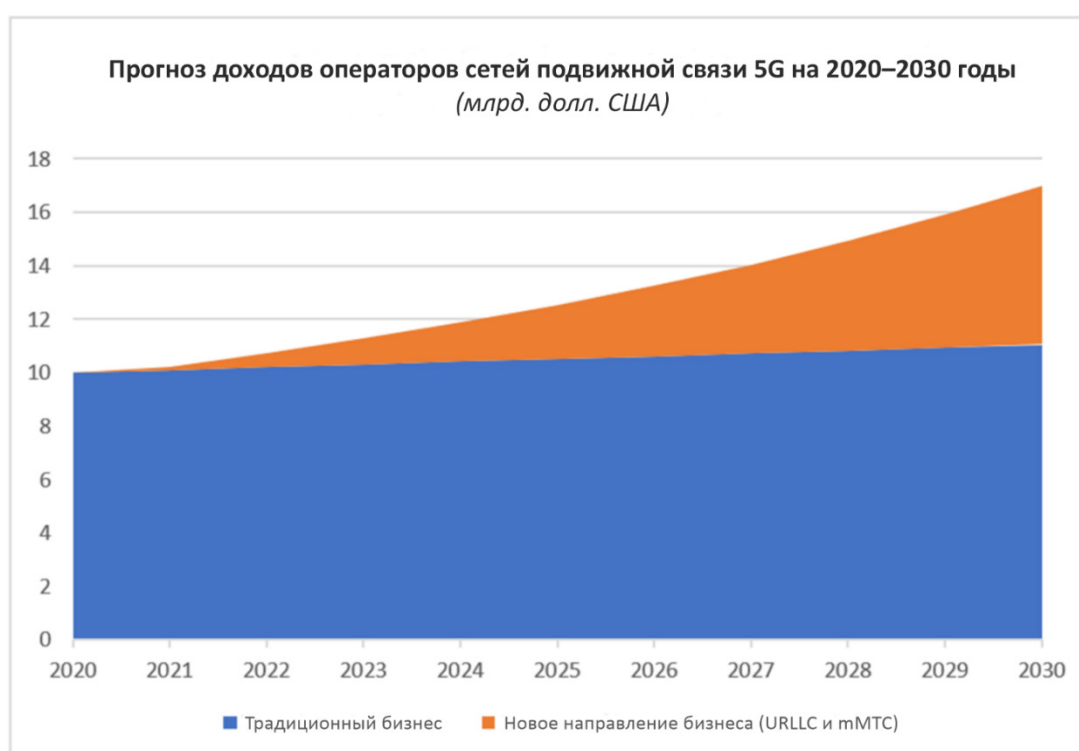
²¹ К вертикальным отраслям, получающим выгоды от ИКТ, относятся сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность, транспорт, логистика и промышленное производство.

(2019 год), говорится, что к 2030 году решения с поддержкой технологии 5G, по оценкам, добавят к мировому ВВП около 1,4 трлн. долл. США. Ассоциация GSMA (2018 год) предполагает, что новые возможности получения дополнительных доходов в сфере технологий 5G обеспечат корпоративный/отраслевой сегмент, и существует множество других отчетов, подтверждающих это направление.

Для оценки дохода, связанного с этим новым направлением бизнеса, необходимо оценить как влияние вертикальных отраслей в бизнес-модели 5G, так и основные характеристики местного рынка, чтобы получить кривую развития URLLC и mMTC в процентах от общего объема бизнеса 5G.

На Рисунке 7, основанном на прогнозе компании Ericsson (2019 год), показано, что к 2030 году 35 процентов всех доходов операторов подвижной связи будет приходиться на новое направление бизнеса, связанное с технологией 5G (URLLC и mMTC).

Рисунок 7: Прогноз доходов операторов сетей подвижной связи 5G на 2020–2030 годы



Источник: На основе публикации Ericsson (2019)

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

3.4 Оценка доходов для проектов транспортных сетей

Поскольку проекты транспортных сетей тесно связаны с оптовыми услугами электросвязи, для оценки чистого дохода для таких проектов рекомендуется использовать в качестве ориентира предложение услуг общедоступных арендованных линий действующего оператора (или поставщика услуг, обладающего значительной долей рынка (SMP)).

В тех случаях, когда в рассматриваемой стране нет никаких общедоступных предложений, связанных с такого рода оптовыми услугами, одной из альтернатив может стать обращение к веб-сайтам других регуляторных органов за надежной справочной информацией, которую можно применить к услугам арендованных линий и возможности установления соединений. Затем можно воспользоваться индексом паритета покупательной способности, чтобы исключить разницу в уровне цен, вызванную обменными курсами валют. Справочные цены должны исключать налоги и запас на инфляцию.

3.5 Динамика доходов в рамках проекта

Значение начального ARPU для проекта должно отражать самые последние расчетные значения. Динамику ARPU в ходе реализации бизнес-плана можно оценить на основе изменения ARPU за недавний период. Когда информация об ARPU недоступна, в качестве приблизительного значения также можно использовать ARPU страны с аналогичным социально-экономическим профилем. Эту информацию можно получить, например, на веб-сайтах других национальных регуляторных органов электросвязи или инвестиционных банков.

Другой хорошей стратегией является использование для оценки чистого дохода корзины цен на услуги ИКТ (IPB)²², публикуемой МСЭ. Эта обширная база данных содержит подкорзины цен на услуги фиксированной, подвижной и широкополосной связи примерно в 165 странах. При оценке чистого дохода важно не забывать вычитать налоги. При анализе исторических тенденций динамики ARPU из оценки также следует исключить инфляционные эффекты, чтобы в бизнес-плане во всех случаях учитывались реальные значения.

Оценив прогнозируемые значения ARPU и спроса, можно получить прогнозируемый годовой доход от конкретных услуг, связанных с сетью, которую предстоит создать.

Следует отметить, что в первый год работы могут учитываться доходы только за шестимесячный период, поскольку с момента развертывания сети до ввода услуг в коммерческую эксплуатацию должно пройти время.

²² Корзина цен на услуги ИКТ МСЭ доступна на веб-сайте МСЭ: DataHub (Affordability – ICT Prices <https://datahub.itu.int/indicators/>).

4 Оценка инвестиций в широкополосные сети: капитальные затраты (сарех)

Одной из самых сложных задач, которые приходится решать органам государственной власти, стремящимся проводить экономически устойчивую политику, направленную на привлечение инвестиций в расширение сети широкополосной связи, является правильная оценка уровня капитальных затрат (сарех), необходимых для заполнения пробелов в сетевой инфраструктуре страны.

Информация о требуемом уровне инвестиций имеет основополагающее значение, позволяя директивным органам разработать согласованный, заслуживающий доверия и надежный план для оценки долгосрочной коммерческой привлекательности и устойчивости работы гипотетической сети электросвязи в необслуживаемых географических регионах.

Кроме того, в контексте сетей 5G большее разнообразие сценариев использования для поддержки приложений со сверхкороткой задержкой, таких как автономные транспортные средства, дроны и автоматизация промышленных предприятий, еще больше повышает степень неопределенности в отношении требований к капитальным затратам.

Основными исходными данными для оценки сарех являются:

- прогнозируемый спрос на услуги подвижного и фиксированного широкополосного доступа, а также подробная информация о существующих пробелах в инфраструктуре, например список муниципалитетов, не обслуживаемых волоконно-оптическими транспортными сетями;
- ожидаемый спрос (количество пользователей, трафик или скорость в Мбит/с) на услуги подвижных и фиксированных широкополосных сетей на ближайшие годы в разбивке по муниципалитетам; эта информация важна как для принятия решений по проектированию сети, так и для оценки инвестиций.

Капиталовложения (сарех), необходимые для устранения выявленных пробелов в инфраструктуре с учетом этих исходных данных, будут зависеть от выбранных услуг и технологий. Например, директивные органы, стремящиеся быстро решить проблему дефицита услуг широкополосной связи в конкретном регионе, могут выбрать модель создания экономичных и быстро развертываемых сетей подвижного широкополосного доступа (3G, 4G, 5G, 5G FWA и т. д.), в то время как те, кто составляет план на более долгосрочную перспективу, могут предпочесть моделирование развертывания сетей доступа "волокно до дома" (FTTH). Даже для развертывания магистральных/транзитных транспортных сетей выбор модели стандартных традиционных микроволновых сетей или волоконно-оптических сетей нового поколения зависит от целей государственной политики и прогнозируемого спроса на трафик в каждом муниципалитете или регионе и может напрямую влиять на уровень необходимых инвестиций.

Чтобы предоставить полезное руководство по оценке капиталовложений (сарех), необходимых для удовлетворения потребностей в инфраструктуре широкополосной связи, учитывая информационную асимметрию, которая неизбежна при любом анализе, выполняемом директивными органами, в следующих разделах этого комплекта материалов приведены примеры проверенных подходов, которым могут следовать органы государственной власти, стремящиеся содействовать развертыванию беспроводных широкополосных сетей 4G и 5G, фиксированных широкополосных сетей FTTH, а также широкополосных микроволновых и волоконно-оптических транспортных сетей, которые в настоящее время представляют собой наиболее распространенные технологии расширения широкополосных сетей.

4.1 Сети подвижного широкополосного доступа 4G

Цель этой модели – оценить сетевую инфраструктуру, необходимую для удовлетворения как охвата, так и спроса на пропускную способность (Мбит/с) потенциальных пользователей услуг подвижного широкополосного доступа 4G LTE в еще не обслуживаемых муниципалитетах или регионах, чтобы определить экономическую целесообразность таких инвестиций.

Для выполнения расчета предлагается смоделированный оператор, у которого имеется только один блок радиочастот для использования в традиционных узлах 4G LTE e-NodeB (далее именуемых *макросотами*) с менее дорогостоящим решением на основе *малых сот*, лучше приспособленным для удовлетворения растущего спроса на пропускную способность, сетей передачи данных, который следует реализовывать в муниципалитетах, где потребности в пропускной способности превышают возможности макросот.

Такое упрощенное решение на основе малых сот состоит из односекторной антенной системы и точки доступа Wi-Fi, используемой для выгрузки трафика непосредственно в фиксированную транспортную сеть. Предполагаемая топология сети подвижного широкополосного доступа иллюстрируется на Рисунке 8.

Рисунок 8: Разнородная сеть LTE



Интересно отметить, что этот подход дает значительный выигрыш в пропускной способности и снижает потребность в расширении сети в будущем, вызванную исключительно повышением требований к пропускной способности, то есть операторы потенциально сокращают потребность в краткосрочных инвестициях, лучше монетизируя свою инфраструктуру. Действительно, решение, моделирующее развертывание гибридной инфраструктуры "макросоты + малые соты + точки доступа Wi-Fi", представляет собой общемировую тенденцию создания разнородных беспроводных широкополосных сетей 4G LTE, обусловленную потребностью в сокращении капитальных затрат, необходимых для удовлетворения взрывного спроса на услуги подвижной широкополосной связи²³. Эта гибридная стратегия дает тройное преимущество: удовлетворяет потребности в охвате (покрытии), поддерживает мобильность пользователей и реагирует на спрос на пропускную способность, обеспечивая наращиваемые и лучше распределяемые инвестиции в течение многолетней эксплуатации.

Расчет инвестиций в развертывание узла покрытия (макросоты)

Чтобы рассчитать количество макросот, необходимых для покрытия (охвата) каждого необслуживаемого муниципалитета, площадь целевой зоны покрытия делится на максимальную площадь, покрываемую одним типовым узлом e-NodeB, в соответствии со следующим уравнением:

$$N_{macrocells} = \frac{A_t}{A_{eNb_{avg}}}$$

где:

$N_{macrocells}$ – оцениваемое количество макросот;

A_t – общая площадь целевой зоны покрытия, кв. км;

²³ Источник: Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016-2021: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.

$A_{eNb_{avg}}$ – максимальная площадь, покрываемая одним типовым узлом e-NodeB.

За основу для оценки $A_{eNb_{avg}}$ можно взять средний радиус покрытия узлов беспроводной широкополосной сети 4G LTE, развернутых в муниципалитетах, которые уже обслуживаются сетями 4G LTE, использующими тот же спектр частот. Также можно использовать данные международных источников, полученные при развертывании беспроводных широкополосных сетей 4G LTE в других странах.

Когда рассчитано количество требуемых зон покрытия, необходимо выяснить стоимость каждого узла, чтобы оценить требуемые инвестиции. В разных странах стоимость узла может значительно различаться, поэтому для точности ее следует узнать у известных местных операторов подвижной широкополосной связи и поставщиков местных сетей.

Наконец, для экономически эффективного развертывания сети 4G следует использовать пассивную инфраструктуру (вышки и т. д.), доступную для совместного использования, поскольку это позволит значительно сэкономить расходы при развертывании макросот.

Макросоты

Следующий пример иллюстрирует процесс оценки количества пассивных и активных элементов инфраструктуры, необходимых для развертывания макросот.

Оценка количества макросот 4G

Город. Пример 1

Число вышек для совместного использования – 7 (2G, 3G и т. д.)

$$A_t = 137 \text{ км}^2$$

$$A_{eNb_{avg}} = 7,5 \text{ км}^2$$

$$N_{macrocells} = 19$$

Пассивная инфраструктура (вышки и т. д.) – 19 – 7 = 12

Активная инфраструктура (узлы e-NodeB и т. д.) – 19

$$N_{macrocells} = \frac{A_t}{A_{eNb_{avg}}}$$

Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

Расчет инвестиций в развертывание малых сот и точек доступа Wi-Fi

После определения потребностей в инфраструктуре для зон покрытия (количества макросот) наступает время оценить лучшую стратегию для решения задачи строительства сети с достаточной пропускной способностью (Мбит/с) для удовлетворения спроса на трафик беспроводной сети 4G LTE с максимально оптимизированными капитальными затратами.

Первым шагом является прогнозирование ожидаемого спроса на трафик в каждом муниципалитете на ближайшие годы²⁴ на основе спроса со стороны пользователей беспроводной сети 4G LTE, соответствующих различным профилям, таких как пользователи услуг передачи голоса и данных с предоплатой или оплатой по факту, пользователи модемов, создающие только трафик данных, и т. д.

Чтобы преобразовать пользовательский спрос в требуемую пиковую пропускную способность (Мбит/с) наиболее полезным для планирования сети способом, необходимо разработать матрицу скоростей для каждого профиля пользователей, предусмотрев ее эволюцию с течением времени с

²⁴ Количество лет зависит от временных рамок, определенных для расчета NPV. Например, в Бразилии для расчета чистой приведенной стоимости (NPV) проекта фиксированной широкополосной связи использовался 10-летний прогноз спроса.

учетом обычного постепенного повышения спектральной эффективности (бит/с/Гц) коммерческих сетей LTE.

Основываясь на этой методике и вооружившись оценками спроса со стороны пользователей беспроводной сети 4G LTE в каждом муниципалитете в разбивке по типу профиля пользователей, а также оценочной матрицей скоростей, которые будут предлагаться в тарифных планах услуг беспроводной сети 4G LTE, можно получить расчетную пропускную способность, которая должна поддерживаться сетью беспроводного доступа 4G LTE, развернутой в каждом обслуживаемом муниципалитете.

Определив этот спрос на трафик (Мбит/с), а также прирост спроса за каждый год работы сети, можно произвести расчет количества малых сот и точек доступа Wi-Fi, которые необходимо развертывать каждый год для удовлетворения спроса, превышающего пропускную способность уже действующих макросот. Количество малых сот, необходимое в каждый год оказания услуг в каждом муниципалитете, можно рассчитать с помощью следующего уравнения:

$$N_{small\ cells} = \frac{\max\{[D_{TA} \cdot (1 - F_{off-load}) \cdot F_s] - (N_{macrocells} \cdot C_{macrocell}); 0\}}{C_{smallcell}}$$

где:

D_{TA} – спрос на трафик (Мбит/с) со стороны всех пользователей муниципалитета в данный год А;

F_s – коэффициент совместного использования сети, часто именуемый *коэффициентом конкуренции*;

$C_{macrocell}$ и $C_{smallcell}$ – пропускная способность (Мбит/с), обеспечиваемая каждой макросотой (традиционными трехсекторными узлами e-NodeB) или малой сотой (односекторной). Эта пропускная способность рассчитывается путем умножения объема спектра (МГц), доступного для сетей 4G LTE в муниципалитете в год А (B_A), на спектральную эффективность (бит/с/Гц) коммерческих сетей 4G LTE в год А (η_A) и количество секторов на узел сети 4G LTE (S);

$F_{off-load}$ – коэффициент разгрузки трафика сети 4G LTE по сетям Wi-Fi, то есть процент трафика, обслуживаемого малой сотой, перенаправляемого в точку доступа Wi-Fi.

Когда уравнение для расчета количества малых сот и точек доступа Wi-Fi, которые нужно установить в каждом муниципалитете в данном году, составлено, обсуждаются допущения, используемые для определения значений каждой из переменных, входящих в это уравнение.

Как уже упоминалось, D_{TA} – это спрос в году А, то есть спрос на трафик (Мбит/с) в году А в данном муниципалитете. Применение этой формулы иллюстрируется в разделе о малых сотах, ниже.

Использование коэффициента разгрузки $F_{off-load}$ основано на предпосылке, что с учетом быстрого роста трафика наряду с популяризацией терминалов подвижных сетей 4G LTE во всем мире наблюдается тенденция к использованию сетей Wi-Fi для разгрузки части этого трафика²⁵, особенно в густонаселенных городских районах. Кроме того, коэффициент разгрузки направлен на поиск эффективности при развертывании сети, поскольку определенные зоны (например, городские микроцентры, торговые центры, аэропорты и т. д.) с высокой концентрацией спроса могут в значительной степени обслуживаться собственными мощностями точек доступа Wi-Fi.

Согласно недавним оценкам²⁶, через сети Wi-Fi будет проходить до 63 процентов подвижного широкополосного трафика; это снижает требования по спросу, который необходимо учитывать при определении параметров подвижной сети с использованием лицензируемых частот. Кроме того, эта предпосылка позволяет существенно оптимизировать капитальные затраты.

²⁵ См.: <http://docplayer.net/13989507-Smartphone-use-transforming-with-the-rise-of-4g-and-wi-fi.html>. Smartphone use transforming with the rise of 4G and Wi-Fi, 2014 Informa UK Ltd.

²⁶ Источник: Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016-2021: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>.

При проектировании сетей с коммутацией пакетов, таких как беспроводные сети передачи данных 4G LTE, обычно учитывается коэффициент совместного использования сети F_s , который в экосистеме электросвязи часто называют коэффициентом конкуренции. В уравнениях по определению размера сети он позволяет учесть тот факт, что в большинстве случаев сетевые ресурсы (для передачи и приема пакетов данных) требуются пользователям в разное время. Поскольку не все используют пропускную способность подвижной сети в одно и то же время, будет неэффективно строить сеть, способную поддерживать полный максимальный прогнозируемый трафик данных, так как он никогда не будет достигнут. Взамен применяется коэффициент совместного использования сети (коэффициент конкуренции), отражающий количество пользователей, которое сеть должна поддерживать в одно и то же время. Коэффициент может различаться для каждой страны и иногда устанавливается национальной нормативно-правовой базой по качеству обслуживания. Типичное значение, учитываемое при определении размеров широкополосной сети (фиксированной или подвижной связи), составляет 1 : 20 (5 процентов), то есть на каждые 20 Мбит/с заявленной пропускной способности сеть должна фактически обеспечивать всего 1 Мбит/с, поскольку в обычных условиях одновременно пользоваться сетью будут только 5 процентов пользователей²⁷.

Значение спектральной эффективности η_A (бит/с/Гц) в коммерческих сетях LTE в году A можно получить у местных операторов и поставщиков сетей; отправной точкой для сетей с использованием модуляции 256-QAM обычно считается 4 бит/с/Гц. Кроме того, можно составить прогноз эволюции спектральной эффективности путем анализа поведения кривой роста спектральной эффективности технологий передачи данных в сетях подвижной связи за период с момента появления технологий третьего поколения (WCDMA – *широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов*, HSPA – *высокоскоростной пакетный доступ* и т. д.) и до появления сетей LTE с последующими модернизациями (версиями) организации 3GPP Forum. Исходя из этого, можно спрогнозировать кривую роста спектральной эффективности в течение следующих нескольких лет, пока сети LTE не станут зрелой технологией и пока не будут введены в коммерческую эксплуатацию сети подвижной связи на основе более передовых технологий (например, 5G).

Последняя переменная – объем спектра (МГц), доступный для сетей LTE (B_A) в каждом муниципалитете в данном году A, который зависит от страны и обычно известен регуляторным органам.

Определив все переменные, используемые для расчета количества малых сот, необходимых для удовлетворения спроса на трафик данных в каждом муниципалитете в каждом году A, можно получить объем инфраструктуры, которую необходимо развернуть не только для решения вопросов покрытия, но и для обеспечения достаточной пропускной способности в целях адекватной поддержки спроса на услуги подвижной широкополосной связи.

²⁷ См.: <http://businessdocbox.com/Logistics/66514074-Lte-network-design-from-a-techno-economic-perspective.html>. LTE Network Design from a Techno-Economic Perspective.

Малые соты

В следующей таблице приведена оценка количества малых сот, необходимых для развертывания сети 4G LTE, по годам с учетом следующего сценария:

- i) для обеспечения покрытия необходимо 19 макросот;
- ii) прогнозируемый совокупный спрос растет со 100 Гбит/с в первый год эксплуатации до 520 Гбит/с в десятый;
- iii) коэффициент разгрузки в сети Wi-Fi составляет 67 процентов;
- iv) коэффициент конкуренции составляет 5 процентов;
- v) спектральная эффективность сети 4G LTE постоянна и составляет 3 бит/с/Гц на одну малую соту.

Оценка количества малых сот 4G			
Планируемая пропускная способность сети			Пропускная способность, которую должны обеспечить макросоты
Год	D_{2G}	$(1 - F_{off-voice}) \cdot F_s$	$F_s [D_{2G} (1 - F_{off-voice}) \cdot F_s]$
1	100 Гбит/с	37%	1,85 Гбит/с
2	120 Гбит/с	37%	2,22 Гбит/с
3	150 Гбит/с	37%	2,78 Гбит/с
4	175 Гбит/с	37%	3,24 Гбит/с
5	210 Гбит/с	37%	3,89 Гбит/с
6	250 Гбит/с	37%	4,63 Гбит/с
7	300 Гбит/с	37%	5,55 Гбит/с
8	360 Гбит/с	37%	6,66 Гбит/с
9	430 Гбит/с	37%	7,96 Гбит/с
10	520 Гбит/с	37%	9,62 Гбит/с

Год	N_{macro}	B_{sc}	η_{sc}	S	C_{macro}	$N_{macro} \cdot C_{macro}$
1	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
2	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
3	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
4	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
5	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
6	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
7	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
8	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
9	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с
10	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,15 Гбит/с	3,42 Гбит/с

Год	$\max[D_{2G} (1 - F_{off-voice}) \cdot F_s] - (N_{macro} \cdot C_{macro}) \cdot \theta$
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0,47 Гбит/с
6	1,21 Гбит/с
7	2,13 Гбит/с
8	3,24 Гбит/с
9	4,54 Гбит/с
10	6,2 Гбит/с

Год	B_{sc}	η_{sc}	S	C_{small}
1	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
2	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
3	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
4	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
5	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
6	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
7	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
8	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
9	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с
10	20 МГц	3 бит/с/Гц	1	0,06 Гбит/с

Количество малых сот	
Год	$\frac{\max[D_{2G} (1 - F_{off-voice}) \cdot F_s] - (N_{macro} \cdot C_{macro}) \cdot \theta}{C_{small}}$
1	0
2	0
3	0
4	0
5	8
6	21
7	36
8	54
9	76
10	104

В этом сценарии дополнительная пропускная способность беспроводной сети потребуется только на пятый год. В конце проекта будет развернуто в общей сложности 104 малых сот.

Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

Затраты на единицу инфраструктуры

После определения количества узлов беспроводной широкополосной сети 4G LTE, которые необходимо развернуть, следующим шагом для оценки капитальных затрат станет расчет удельных затрат, связанных с развертыванием каждого из этих узлов.

Чтобы лучше понять подход к определению стоимости макросот, элементы сети классифицируются по трем категориям:

- i) пассивная инфраструктура (вышки и т. д.), стоимость которой можно уменьшить (иногда очень существенно) за счет совместного использования уже установленных конструкций;
- ii) узлы LTE e-NodeB со всем набором оборудования, включая контроллер, передатчик и радиосистему;

- iii) восходящие транспортные сети, состоящие из транспортных элементов (обычно оптических) узла LTE для передачи данных в сеть оператора. Стоимость каждого из этих сетевых элементов можно узнать у местных операторов и поставщиков сетевого оборудования.

Определив стоимость макросот, можно использовать эти значения в качестве ориентира для оценки расходов при подходе малых сот. Согласно оценкам, полученным в ходе исследований рынка²⁸, стоимость типовой малой соты + точка доступа Wi-Fi составляет 21 процент от стоимости макросоты. Хотя этот процент служит удобным ориентиром, для целей реального планирования всегда следует использовать текущую информацию о ценах, полученную от местных операторов и поставщиков сетевого оборудования.

Результаты оценки капитальных затрат

Оценив общее количество узлов беспроводной широкополосной сети 4G LTE (макросоты и малые соты + точки доступа Wi-Fi), которые будут устанавливаться каждый год в каждом из обслуживаемых муниципалитетов, и выяснив стоимость элемента инфраструктуры сети доступа, можно рассчитать необходимые совокупные инвестиции (capex) по годам²⁹.

Эта матрица капитальных затрат даст чистую приведенную стоимость бизнеса беспроводной широкополосной сети 4G LTE и станет одним из определяющих факторов при оценке целесообразности включения недостаточно обслуживаемых районов в государственную программу поощрения строительства инфраструктуры подвижной широкополосной связи.

4.2 Сети подвижного и фиксированного широкополосного доступа 5G

Технология 5G допускает шесть вариантов развертывания, охватывающих сценарии перехода от подвижных сетей 4G к сетям 5G с рассмотрением возможности развертывания сетей 5G параллельно с существующими сетями, то есть так называемых неавтономных (NSA) и автономных (SA) сетей. Преимуществом варианта SA по сравнению другими сценариями NSA является прямое включение новых функций 5G, таких как короткая задержка и контроль качества обслуживания (QoS). При оценке капитальных затрат, выполняемой в данном разделе, учитывается стратегия SA, поскольку для нового оператора вполне рационально в случае работы в городских районах предоставлять услуги передачи данных с высокой пропускной способностью и короткой задержкой, а в пригородных или сельских районах – услуги фиксированного беспроводного доступа (ФБД). Поскольку предполагается, что моделируемый оператор только выходит на рынок, у него нет сетей 4G LTE, поэтому сценарий перехода с сетей 4G LTE на сети 5G неприменим.

Следуя этому предположению, новый оператор должен предоставлять услуги высокоскоростной подвижной широкополосной связи населению (для смартфонов), а также специализированные услуги для нишевых рынков (автомобильной промышленности, промышленных предприятий, точного сельского хозяйства и т. д.), чтобы быть конкурентоспособным.

Инвестиции в сеть можно разделить на два типа – инвестиции в базовые сети и инвестиции в сети доступа. Базовые сети выполняют несколько функций, таких как управление мобильностью и сеансами связи пользователей, транспортировка трафика данных между сетью радиодоступа и точками сопряжения между сетью 5G и другими внешними сетями, обеспечение качества обслуживания (QoS), хранение и администрирование профилей пользователей, а также аутентификация и выставление счетов. На сеть радиодоступа (RAN), или просто сеть доступа, приходится наибольшая часть капитальных затрат в сети 5G, и она отвечает за такие функции, как модуляция и демодуляция сигналов, управление средствами доступа (радиочастотным спектром), распределение ресурсов сети среди пользователей и обеспечение мобильности.

Таким образом, чтобы создать широкополосную сеть 5G, новый оператор должен инвестировать средства в базовую сеть и элементы доступа.

²⁸ Источник: Paolini, M. (2012), The economics of small cells and Wi-Fi offload, Senza Fili Consulting, page 2.

²⁹ Потребность в инвестициях в базовое оборудование беспроводной сети 4G LTE здесь не оценивалась, поскольку предполагалось, что моделируемое предприятие уже эксплуатирует сети 4G LTE в более экономически привлекательных регионах страны и, следовательно, уже располагает этим оборудованием.

4.2.1 Капитальные затраты на базовую сеть 5G

Оценить капитальные затраты на базовую сеть сложнее, чем аналогичные затраты на сеть доступа, поскольку необходимые сетевые элементы значительно различаются в зависимости от проектных требований и функций, которые каждый оператор выбирает для своей сети, а также от количества пользователей и сценариев использования, которые должна поддерживать сеть. Кроме того, в случае сетей 5G существует тенденция к размещению некоторых базовых элементов ближе к базовым станциям сети доступа, чтобы обеспечить передачу данных в широкополосной сети 5G с очень короткой задержкой – около 1–4 мс.

В сетях 2G, 3G и 4G базовая сеть обычно является территориально централизованной. Некоторые операторы развертывают региональные базовые сети и создают резервы для оптимизации затрат на управление сетью. В случае сети 5G, хотя такая возможность сохраняется, операторам придется иначе организовывать архитектуру своей базовой сети, и эта архитектура может варьироваться от оператора к оператору в зависимости от их стратегических решений и номенклатуры услуг.

Тем не менее с точки зрения моделирования нецелесообразно вникать в спецификации базовой сети, поскольку у каждого производителя свой подход к ее реализации, что подразумевает разные показатели капиталовложений (сарех). Более оправданный подход предусматривает косвенную оценку капиталовложений в базовую сеть на основе капиталовложений в сеть доступа, которые в среднем составляют 10 процентов от совокупных капиталовложений³⁰. Кроме того, затраты, связанные с инфраструктурой базовой сети, оцениваются примерно в 10 процентов от совокупных капиталовложений, даже с учетом разных вариантов реализации³¹.

Таким образом затраты на инфраструктуру доступа оцениваются в процентах от капиталовложений в базовую сеть, которые уже включают затраты на эксплуатацию, передачу данных и сетевое радиооборудование. Оценив капитальные затраты на базовую сеть, можно рассчитать капитальные затраты на сеть доступа, воспользовавшись следующим уравнением:

$$CAPEX\ Core = [CAPEX\ Access / (1 - p)] \times p,$$

где:

CAPEX Core – капитальные затраты на базовую сеть;

CAPEX Access – капитальные затраты на сеть доступа;

p – процент от совокупных капиталовложений в базовую сеть, оцениваемый в 10 процентов.

4.2.2 Капитальные затраты на сеть доступа 5G

Сети доступа 5G основаны на неоднородной инфраструктуре, состоящей из макросот и малых сот, чем они близко напоминают подвижные сети 4G (см. раздел 4.1). В отрасли этот подход считают важным фактором внедрения сетей 5G, поскольку они должны сократить чрезмерные капитальные затраты, необходимые для удовлетворения быстро растущего спроса на пропускную способность и соединения для подключения миллионов устройств.

Кроме того, поскольку для полос частот, используемых для сетей 5G, обычно характерно ограниченное распространение (например 3,5 ГГц и миллиметровые волны), возможно, что покрытие, обеспечиваемое макросотами, ухудшится из-за теневых зон, особенно в густонаселенных городских центрах и в регионах, где радиоволнам приходится преодолевать бетонные здания, что делает необходимой реализацию малых сот для заполнения этих пробелов. Таким образом, чтобы удовлетворить потребности в покрытии для поддержки мобильности пользователей, а также спрос на пропускную способность, требуется использовать стратегию разнородной сети для обеспечения

³⁰ См.: Zahid Ghadialy "Understanding the TCO of a Mobile Network": <https://blog.3g4g.co.uk/2020/10/understanding-tco-of-mobile-network.html>.

³¹ Этот показатель подтвержден недавним отчетом GSMA "5G-era Mobile Network Cost Evolution study". https://www.gsma.com.translate.google/futurenetworks/wiki/5g-era-mobile-network-cost-evolution/?x_tr_sl=pt&x_tr_tl=en&x_tr_hl=pt-BR&x_tr_pto=nui

поэтапных, лучше распределенных инвестиций (с меньшими шагами с точки зрения капитальных затрат).

При таком подходе сеть доступа 5G будет состоять из сетевых элементов двух основных типов, размеры которых нужно рассчитать для оценки капитальных затрат, необходимых для удовлетворения требований к покрытию и спросу:

- макросоты – крупные базовые радиостанции, излучающие электромагнитные волны большой мощности, какие обычно используются для удовлетворения потребностей в покрытии и спроса на трафик, особенно в малонаселенных районах;
- малые соты/фемтосоты – базовые радиостанции, работающие в сильно перегруженной среде с интенсивным пользовательским трафиком и слабым покрытием (иногда в помещениях). Малые соты излучают значительно меньшую мощность, чем макросоты, и могут удовлетворить спрос на трафик данных и повысить возможность установления соединений в определенных зонах, таких как густонаселенные городские районы, торговые центры, автовокзалы, офисы и больницы³².

В этом сценарии для удовлетворения потребностей в покрытии и спроса на трафик в связи с развертыванием сети 5G необходимо использовать следующую стратегию.

Сначала рассчитывается общее количество макросот 5G, необходимое для покрытия, путем распределения площади между типовыми макросотами 5G аналогично стратегии, используемой для макросот 4G (см. раздел 4.1). В странах, где уже широко распространены сети 4G, можно использовать поэтапный подход. В первую очередь можно охватить густонаселенные городские районы, а за ними пригородные районы, сельские населенные пункты и автомагистрали. Директивным органам следует использовать разные сценарии расширения зоны охвата (например быстрый, рациональный и медленный) и оценить влияние каждого из них на размер капитальных затрат в каждый год реализации проекта и на его общую чистую приведенную стоимость.

В густонаселенных городских районах радиус действия макросоты 5G обычно не превышает 1 км в зависимости от используемой полосы частот. Поскольку сети 5G, использующие ориентированные на покрытие низкочастотные диапазоны (700 МГц, 3,5 ГГц и т. д.), появились совсем недавно, директивным органам следует собрать последние данные по сетям 5G, развернутым в их регионе, чтобы определить разумные сценарии размещения макросот 5G.

Затем директивным органам следует проверить, достаточно ли прогнозируемой пропускной способности макросот, основанной на потребностях в покрытии, для каждого года реализации проекта, чтобы удовлетворить спрос на трафик со стороны конечных пользователей. Для удовлетворения спроса на трафик, не обеспечиваемого макросотами, можно использовать малые соты/фемтосоты. Для данного анализа совокупный спрос на трафик можно рассчитать так же, как для сетей 4G, но он должен включать спрос на трафик подвижных сетей 5G, пользователей смартфонов и пользователей услуг фиксированной широкополосной связи 5G-ФБД.

Прогнозируемое количество пользователей сети должно быть преобразовано в спрос на трафик (Мбит/с) в соответствии с различными профилями использования (например, тарифными планами для мобильных и фиксированных данных), взятыми из справочной информации о других сетях 5G, или тенденциями развития сетей 4G за несколько лет с применением поправочных коэффициентов для сценария 5G³³.

На последнем шаге выполняется расчет количества узлов, необходимых для удовлетворения спроса на трафик, аналогично подходу, используемому для сетей 4G, хотя существуют и другие методики, для которых обычно требуется больше информации о текущей географии трафика и распределении

³² Более подробную информацию о характеристиках малых сот и их использовании при развертывании сетей 5G можно найти в статье "The Backbone of 5G Networks: A Guide to Small Cell Technology".

³³ В статье, опубликованной компанией OpenSignal, показано, что в сентябре 2020 года пользователи сетей 5G потребляли в среднем в 2,7 раза больше данных, чем пользователи сетей 4G.

времени³⁴. Чтобы рассчитать пропускную способность, обеспечиваемую каждой макросотой и малой сотой 5G, используются следующие типовые технические параметры:

- a) три сектора на станцию для макросот и два сектора на станцию для малых сот;
- b) соотношение радиоресурсов обычно составляет 3 : 1, при этом 75 процентов приходится на нисходящую линию связи и 25 процентов на восходящую;
- c) спектральная эффективность 4 бит/с/Гц с ежегодным повышением.

Когда общее количество узлов известно, можно определить совокупные капитальные затраты, связанные с сетью доступа 5G, умножив это прогнозируемое количество на стоимость типового узла 5G (макросоты или малой соты/фемтосоты).

4.2.3 Капитальные затраты, связанные с предложением специализированных услуг 5G для нишевых рынков

Ожидается, что технология 5G позволит предоставлять специализированные услуги для нишевых рынков, таких как автомобильная промышленность, промышленное производство, точное сельское хозяйство и т. д. Однако в странах, где уже внедрена технология 5G, эти новые направления бизнеса для операторов сетей 5G еще не устоялись.

Кроме того, что касается капитальных затрат, необходимых для освоения этого направления, то их нецелесообразно оценивать на основе тех же технических подходов, какие используются для базовых сетей и сетей доступа. Это связано с тем, что характеристики спроса на специализированные услуги по своей природе зависят от области применения – как с географической точки зрения, так и с точки зрения требований к оборудованию и качеству обслуживания – и не обязательно обусловлены потребностями в покрытии и пропускной способности, однако для них важны параметры задержки и дрожания и гарантия конфиденциальности данных.

Следовательно, необходимо оценить капитальные затраты, связанные с освоением этого вида деятельности, с помощью финансового подхода, опирающегося на оценку доходов от этих специализированных услуг. Например, разумный подход предполагает расчет отношения капитальных затрат к доходам от эксплуатации сети 5G без учета доходов, полученных от предоставления специализированных услуг, и применение этого отношения к предполагаемому доходу при наличии предложения специализированных услуг. С другой стороны, в ближайшие годы должно появиться больше информации о реальных примерах внедрения, которую директивные и регуляторные органы смогут использовать при разработке бизнес-планов развертывания сетей 5G.

4.3 Сети фиксированного широкополосного доступа

Модели, используемые регуляторными органами для оценки инвестиций, необходимых для создания сетей FTTH, могут быть основаны на международно признанных стандартах, касающихся архитектуры сетей и методов оценки количества оборудования и волоконно-оптического кабеля. Рассчитав количество необходимого оборудования и кабелей и определив их удельную стоимость, можно получить общую сумму капитальных затрат, необходимых для развертывания сети.

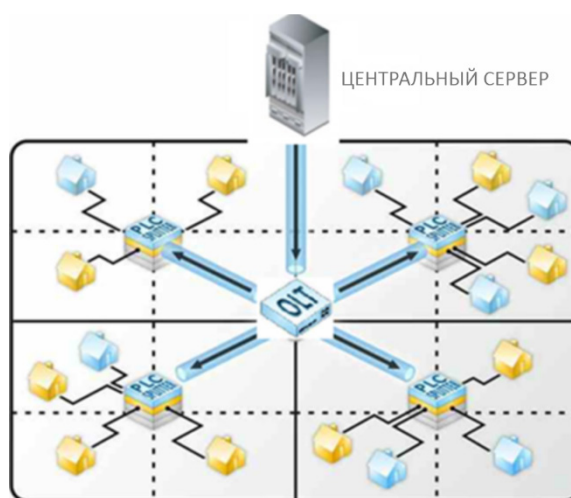
Первый шаг состоит в выборе технологии сети FTTH, которая будет использоваться в качестве отправной точки для определения параметров сети. После оценки различных технологий, представленных на рынке, для данного примера была выбрана технология GPON (гигабитная пассивная оптическая сеть, серия Рекомендаций МСЭ-Т G.984.1–G.984.6) в связи с ее широким распространением во всем мире.

³⁴ Пример альтернативной методики см. в белой книге "Mobile broadband with HSPA and LTE – capacity and cost aspects", доступной по адресу: <https://docplayer.net/11419069-White-paper-mobile-broadband-with-hspa-and-lte-capacity-and-cost-aspects.html>.

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т G.984.1³⁵ сети GPON оснащаются системами оптического линейного окончания и оптическими сетевыми окончаниями, при этом пассивная оптическая распределительная сеть образуется разветвителями, соединяющими оконечные устройства оптических линий и оконечное оборудование волоконно-оптической сети между собой.

Для наших целей наиболее простым подходом будет моделирование сетевой инфраструктуры с использованием самой обычной для сетей FTTH топологии – топологии "звезда". Таким образом, определение параметров сети в этом примере предполагает наличие местной центральной станции FTTH в каждом муниципалитете с оконечными устройствами оптических линий и разветвителями, установленными в соответствии с желаемым количеством домов, готовых к подключению, в каждом муниципалитете. Предлагаемая топология сети иллюстрируется на Рисунке 9.

Рисунок 9: Топология сети FTTH



Источник: МСЭ

Основываясь на этой топологии, можно приступить к решению следующей задачи оценки количества оконечных устройств оптических линий, разветвителей, оконечного оборудования оптической сети и километров волоконно-оптического кабеля на уровнях агрегации³⁶ и доступа³⁷, необходимых для реализации сети FTTH и предоставления услуг сверхширокополосного доступа.

Оконечные устройства оптических линий (OLT)

Для определения количества требуемых OLT важно учитывать Рекомендацию МСЭ-Т G.984.1 "Пассивная оптическая сеть с поддержкой гигабитных скоростей передачи (GPON): общие характеристики", в которой указан максимальный коэффициент разветвления оптической линии, составляющий 1 : 128. Это означает, что к каждому оптическому порту OLT может быть подключено до 128 пользователей. Решение относительно пропускной способности OLT (количества портов) зависит от конструкции, поскольку OLT с 16 портами обычно широко доступны на рынке. Таким образом, с учетом максимального коэффициента разветвления оптической линии и максимальной пропускной способности OLT к одному OLT можно подключить до 2048 пользователей. Следовательно, в общем случае количество OLT, которое необходимо установить в сети FTTH, можно рассчитать по формуле:

$$N_{OLT_p} = \frac{N_{hp}}{K_{OLT} \times S_R},$$

³⁵ <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>

³⁶ Уровень агрегации включает в себя участки сети между местной центральной станцией FTTH и уличными разветвителями.

³⁷ Уровень доступа включает в себя участки сети между уличными разветвителями и домами абонентов.

где:

N_{OLT_p} – количество OLT, которое следует оценить исходя из количества необходимых портов;

N_{hp} – желаемое количество домов, готовых к подключению;

K_{OLT} – количество портов выбранного OLT;

S_R – используемый коэффициент разветвления оптической линии.

Однако учитывая, что типичная пропускная способность для совокупного трафика OLT, как правило, ограничена 10 Гбит/с, чем больше количество портов (а следовательно, и количество пользователей, подключенных к одному и тому же OLT), тем ниже вероятность предложения более высокоскоростных широкополосных соединений.

Например, OLT с максимальным количеством подключенных пользователей, совокупной пропускной способностью 10 Гбит/с и типовым значением коэффициента совместного использования сети 5 процентов (1 : 20) может обеспечить конечному пользователю скорость передачи данных (приблизительно) до 100 Мбит/с. Для увеличения предлагаемой скорости сверх этого уровня при удовлетворении спроса со стороны того же количества пользователей необходимо увеличить количество OLT. Для расчета количества OLT с учетом предлагаемой скорости соединения используется следующая формула:

$$N_{OLT_s} = \frac{N_{hp} \times Tx_u \times F_s}{C_{OLT}},$$

где:

N_{OLT_s} – количество OLT, которое необходимо оценить исходя из скорости соединения, предлагаемой абонентам;

N_{hp} – желаемое количество домов, готовых к подключению;

Tx_u – скорость соединения, предлагаемая типовому абоненту FTTH, Мбит/с;

F_s – коэффициент совместного использования сети;

C_{OLT} – пропускная способность OLT, Мбит/с.

Как и прежде коэффициент совместного использования сети F_s (коэффициент конкуренции), участвующий в расчете, представляет собой параметр, обычно учитываемый при проектировании сетей с коммутацией пакетов, таких как фиксированные широкополосные сети. Как указано здесь и в разделе 6, этот элемент учитывает в уравнении для определения размеров сети тот факт, что не все абоненты выходят в интернет одновременно, и тем самым повышает эффективность работы сети за счет устранения избыточной пропускной способности. Его типичное значение для сетей фиксированной широкополосной связи, как и для рассмотренных выше сетей подвижной широкополосной связи, составляет 1 : 20 ($F_s = 5\%$).

Оконечные устройства оптических линий

С учетом двух возможных подходов к расчету количества окончных устройств оптических линий (OLT), необходимых для развертывания сети FTTH, первый из которых основан на количестве физических портов, необходимых для подключения всех домов, готовых к подключению, а второй – на предлагаемой скорости передачи данных для абонентов, окончательный расчет количества OLT выполняется путем использования наибольшего числа, полученного при использовании этих двух подходов, как показано в следующем примере.

Оценка количества OLT

$$N_{OLT.p} = \frac{N_{hp}}{K_{OLT} \cdot S_R}$$

$$N_{hp} = 50\,000 \text{ домов, готовых к подключению}$$

$$K_{OLT} = 16 \text{ портов}$$

$$S_R = 128$$

$$N_{OLT.p} = 25$$

$$N_{OLT.s} = \frac{N_{hp} \cdot T_{xu} \cdot F_s}{C_{OLT}}$$

$$N_{hp} = 50\,000 \text{ домов, готовых к подключению}$$

$$T_{xu} = 80 \text{ Мбит/с}$$

$$F_s = 5\%$$

$$C_{OLT} = 10\,000 \text{ Мбит/с}$$

$$N_{OLT.s} = 20$$

$$N_{OLT} = \max(N_{OLT.p}; N_{OLT.s}) = 25$$

Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

Разветвители

Количество разветвителей, которые следует установить в каждом муниципалитете, чтобы обеспечить желаемое количество домов, готовых к подключению, в значительной мере определяется выбором авторов проекта и зависит от характеристик обслуживаемой городской зоны и ожидаемого пользовательского спроса. Учитывая необходимость подключения до 128 пользователей на порт типичного OLT, можно выбрать несколько конфигураций разветвителей, например 1 : 2, 1 : 4, 1 : 8, 1 : 16 и т. д. Если мы рассмотрим развертывание только одного уровня разветвителей 1 : 16, то для обеспечения того, чтобы к каждому порту OLT было подключено 128 пользователей, потребуется восемь разветвителей. В общем случае формула для расчета количества разветвителей, необходимых в сети только с одним уровнем разветвителей, имеет следующий вид:

$$N_{splitter} = \frac{N_{hp}}{K_{splitter}}$$

где:

$N_{splitter}$ – количество разветвителей, необходимых в сети;

N_{hp} – желаемое количество домов, готовых к подключению;

$K_{splitter}$ – количество портов в соответствии с выбранным типом разветвителей, то есть максимальное количество пользователей на один разветвитель.

Расчет количества оборудования волоконно-оптической сети (уровень разветвителей)

Следующий пример иллюстрирует оценку количества разветвителей, необходимых для развертывания данной FTTH.

Оценка количества разветвителей

$$N_{splitter} = \frac{N_{hp}}{K_{splitter}}$$

$$N_{hp} = 50\,000 \text{ домов, готовых к подключению}$$

$$K_{splitter} = 16 \text{ портов}$$

$$N_{splitter} = 3125 \text{ разветвителей}$$

Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

Математическое моделирование для определения количества волоконно-оптического кабеля

Подсчитав количества разветвителей и OLT, необходимых для охвата желаемого количества домов, готовых к подключению, на следующем шаге моделирования требуемых инвестиций следует рассчитать количество километров волоконно-оптического кабеля, необходимого для соединения всех элементов с центральной станцией FTTH в иерархии "звезда". После оценки наиболее часто используемых методик расчета длины волоконно-оптических линий для реализации сетей FTTH можно выделить два подхода – пространственный и геометрический.

Пространственный подход основан на наличии геопространственных данных по городской территории, которая будет обслуживаться, включая информацию о профиле распределения домохозяйств, сетях автодорог, геолокации существующих элементов электросвязи и т. д. На основе этой подробной информации определяют оптимальное географическое положение местной центральной станции FTTH, разветвителей и OLT для охвата желаемого количества домов, готовых к подключению, при минимальном количестве километров кабеля, необходимого для соединения требуемого оборудования. Несмотря на точность этой модели, ее недостатком является необходимость наличия исчерпывающей геопространственной информации, которая в большинстве случаев просто отсутствует.

При альтернативном **геометрическом подходе** применяются математические модели для расчета количества необходимого волоконно-оптического кабеля на основе упрощенных геопространственных условий, рельефа местности, сетей автодорог и распределения домов. Он менее точен, чем пространственный подход, но позволяет получить хорошую оценку необходимого количества волоконно-оптического кабеля даже при отсутствии геопространственной информации и служит быстрым и достаточно точным инструментом определения размеров сети.

В работе "Сравнение геометрических и географических моделей оценки размеров FTTH"³⁸ представлен сравнительный анализ пространственной модели расчета и двух геометрических моделей – треугольной модели (TM) и упрощенной модели на основе длины улиц (SSL). Результаты этого сравнительного анализа показывают, что геометрическая модель SSL дает более точные результаты, чем треугольная модель, однако пространственная модель все равно значительно точнее. Кроме того, предполагается, что основные источники неточностей геометрических моделей по сравнению с пространственной моделью в значительной мере связаны с неучтенными особенностями рельефа

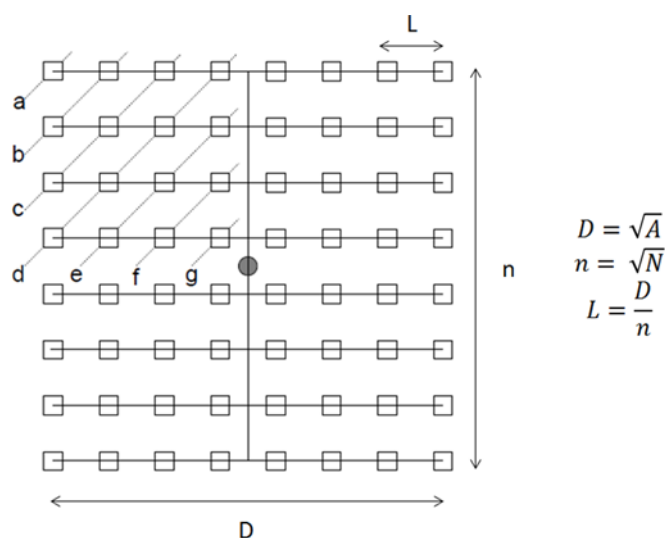
³⁸ Академический труд, опубликованный IEEE в 2013 году. <https://biblio.ugent.be/publication/4402261>

местности и пространственного распределения домов. Для повышения точности предлагается применять к результатам геометрических моделей поправочные коэффициенты.

В связи с этим в тех случаях, когда отсутствие геопространственных данных для муниципалитетов, которые будут обслуживаться, не позволяет использовать пространственную модель, для расчета количества волоконно-оптического кабеля, необходимого для соединения различных элементов волоконно-оптической сети, предлагается применять скорректированную геометрическую модель SSL, описанную в цитируемой работе.

В модели SSL в качестве основной предпосылки принимается условие равномерного распределения элементов, соединяемых волоконно-оптическим кабелем, по участку квадратной формы, причем элемент верхнего уровня, к которому подключаются все остальные элементы, расположен в центре этого квадрата, как показано на Рисунке 10.

Рисунок 10: Геометрическая модель SSL



Источник: МСЭ

где:

A – площадь квадрата, км²;

D – длина стороны квадрата, километры;

L – расстояние между соседними элементами, километры;

N – количество элементов в квадрате;

n – количество элементов вдоль одной стороны квадрата.

В этом сценарии задача заключается в вычислении расстояния от каждого элемента до центра квадрата с учетом общего ограничения на прокладку волоконно-оптического кабеля вдоль существующих улиц и дорог (которые в модели SSL располагаются по горизонтали и вертикали), причем это расстояние естественным образом зависит от расстояния между равномерно распределенными элементами и количества этих элементов в квадрате. Еще одним фактором, который следует учитывать при расчете, является наличие двух или более элементов в одной и той же позиции. Этот эффект учитывается переменной K – средним количеством элементов в одной и той же позиции в рассматриваемом квадрате.

Важный момент, который необходимо отметить в отношении этого геометрического представления: если разделить рассматриваемый квадрат на четыре квадранта одинакового размера и распределить все элементы, расположенные на одной и той же диагонали квадранта, по соответствующим категориям, то все элементы каждой категории будут находиться на одинаковом расстоянии от центра исходного квадрата. Например, если распределить элементы по категориям от a до g , как

показано на Рисунке 10, то расстояние от каждого элемента до центра квадрата будет равно $a = (n - 1) \cdot L$; $b = (n - 2) \cdot L$; $c = (n - 3) \cdot L$; ...; $g = L$.

Таким образом, умножив расстояние до типового элемента каждой категории на количество элементов в категории, мы получим общее расстояние от всех элементов каждой категории до центра большого квадрата. Сложение общих расстояний для всех категорий дает суммарное расстояние от всех элементов квадранта до центра большого квадрата. Отсюда, чтобы вычислить общее расстояние до всех элементов, расположенных в квадрате, достаточно умножить сумму расстояний до элементов квадранта на четыре (поскольку квадратов четыре) и, наконец, умножить это значение на коэффициент K , поскольку каждый элемент должен соединяться с центром квадрата волоконно-оптическим кабелем, даже если он установлен поверх другого элемента.

Приведенная ниже формула позволяет выполнить расчет количества волоконно-оптического кабеля (L_{fo}), необходимого для соединения всех элементов с центром квадрата:

$$L_{fo} = 4xKxLx \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot x(n-i)]$$

Следующим шагом после этого должно стать определение значений переменных K , L и n для каждого муниципалитета и каждого уровня сети, что и обсуждается ниже.

Расчет количества волоконно-оптического кабеля

Для расчета количества километров волоконно-оптического кабеля с использованием геометрической модели SSL необходимо определить элементы сети и значения переменных модели A , D , L , N , n и K . Учитывая, что в каждом муниципалитете имеются местная центральная станция FTTH, OLT, разветвители и дома, которые нужно соединить волоконно-оптическим кабелем, необходимо выполнить некоторую последовательность шагов.

На первом шаге рассчитывается количество волоконно-оптического кабеля, необходимого для подключения OLT каждого муниципалитета к местной центральной станции FTTH. На этом шаге переменной A присваивается значение площади города, которую необходимо охватить, а переменной N – количество устанавливаемых OLT. По этим двум переменным рассчитываются значения n , D и L , а учитывая, что $K = 1$ (равномерное распределение OLT по охватываемой территории города), и используя формулу геометрической модели SSL, можно оценить количество волоконно-оптического кабеля, необходимого для соединения всех OLT с местной центральной станцией FTTH.

Рассчитав с использованием модели SSL количество километров волоконно-оптического кабеля, необходимого для подключения OLT к местной центральной станции FTTH в каждом муниципалитете, следует разделить результат на вышеупомянутый поправочный коэффициент 55,5 процента, чтобы компенсировать любую недооценку в результате применения геометрической модели SSL.

На втором шаге рассчитывается количество километров волоконно-оптического кабеля, необходимого для подключения к OLT разветвителей первого уровня. Для этого выполняется расчет для каждого OLT и его разветвителей, а затем результат умножается на количество устанавливаемых OLT.

На этом втором шаге переменной A присваивается значение площади того же города, что и на первом шаге, но деленное на количество OLT, чтобы получить значение для городского района, охватываемого одним OLT. Переменной N присваивается значение, соответствующее количеству разветвителей, устанавливаемых на один OLT. На основе этих двух переменных получаем значения n , D и L , а также учитывая, что $K = 1$ (равномерное распределение разветвителей по территории городского района, обслуживаемого одним OLT), оцениваем количество волоконно-оптического кабеля, необходимого для соединения всех разветвителей с соответствующими OLT, используя уравнение модели SSL, а к полученному результату применяем тот же поправочный коэффициент 55,5 процента. Если предусмотрено несколько уровней разветвителей между OLT и абонентами, тот же расчет повторяется для других моделируемых уровней разветвителей.

Наконец, требуется рассчитать количество километров волоконно-оптического кабеля, необходимого для подключения абонентов к разветвителям в каждом муниципалитете. Для этого выполняется расчет для одного разветвителя и приходящихся на него абонентов, а затем результаты умножаются на количество устанавливаемых разветвителей.

Переменной A присваивается значение площади города, которое рассматривалось на первом шаге, но деленное на количество устанавливаемых разветвителей. Переменной N присваивается значение, соответствующее количеству домов, готовых к подключению, на один разветвитель. На основе этих двух переменных можно получить значения n , D и L и, учитывая, что $K = 1$ (равномерное распределение³⁹ домов по всей городской территории, охватываемой каждым разветвителем), можно рассчитать количество волоконно-оптического кабеля, необходимого для подсоединения всех домов, готовых к подключению, к соответствующему разветвителю, применив уравнение модели SSL и разделив результат на поправочный коэффициент, на этот раз равный 67 процентам⁴⁰, чтобы скорректировать недооценку, вызванную использованием упрощенной геометрической модели.

Пока все хорошо. Однако не все имеющиеся на рассматриваемой территории дома, готовые к подключению, будут подключены к сети. Количество подключенных домов может варьироваться в диапазоне от 0 до количества всех готовых к подключению домов, при этом при расчете волоконно-оптической сети нужно учитывать только подключенные дома. Принимая во внимание, что неизвестно, какие из домов, готовых к подключению, впоследствии будут подключены (например, те, что находятся ближе к разветвителю или дальше от него), справедливым приближением будет вычисление средней длины волоконно-оптического кабеля в километрах, необходимого для подсоединения одного дома, готового к подключению, к соответствующему разветвителю в каждом муниципалитете, и умножение полученного значения на общее количество домов, которые планируется подключать в течение каждого года. Этот расчет покажет общее количество волоконно-оптического кабеля, которое потребуется для подключения домов каждый год в каждом муниципалитете.

Важным моментом, который также следует учитывать при расчете общего количества подключенных домов, является влияние *оттока* абонентской базы. Отток – это показатель текучести абонентской базы оператора; на практике коэффициентом оттока считается процент абонентов, расторгших контракты на определенную услугу за определенный период времени.

В результате эффекта оттока количество новых установок в течение каждого года превышает чистый прирост абонентской базы оператора. То есть если абонентская база оператора состоит из 1000 абонентов и в следующем году возрастет до 1100 абонентов, то эффект оттока будет означать, что количество новых контрактов на услуги, заключенных в этот период, будет *больше* 100. Объяснение простое: если отток в этом году составил 5 процентов, то из 1000 первоначальных абонентов 50 расторгли свои контракты, а 150 новых абонентов заключили контракты на услугу, в результате чего общая абонентская база составила 1100 абонентов.

Этот эффект постепенного обновления абонентской базы серьезно влияет на капитальные затраты на проектируемую сеть FTTH. В каждом году необходимо учитывать количество установок, соответствующее чистому изменению спроса, плюс процент *оттока*, умноженный на общее количество абонентов в конце предыдущего года. Это означает потребность в большем количестве волоконно-оптического кабеля и дополнительных комплектах CPE, куда входят маршрутизатор конечного пользователя (CPE) и оконечное оборудование оптической сети (ONT), которые нужно устанавливать в домах абонентов. Конечно, большинство CPE и ONT, ранее установленных в домах абонентов, которые расторгли свои контракты, могут и должны по возможности повторно использоваться для новых абонентов, при этом процент повторного использования зависит от решения вопросов логистики, хранения и транспортировки.

³⁹ Это упрощение используется ввиду того, что информация об уровне вертикализации домов, как правило, недоступна.

⁴⁰ Средний процент недооценки на уровне доступа в районах плотной застройки; см.: "Geometric versus geographic models for the estimation of an FTTH deployment", Telecommunication Systems Volume 54, page 21.

Для расчета количества километров волоконно-оптического кабеля, необходимого для подсоединения подключенных домов к соответствующим разветвителям, а также для расчета требуемого количества комплектов CPE используются следующие уравнения:

$$Fiber_HC_{total_t} = Fiber_HC_{avg}[N_{hct} - N_{hct-1} \cdot (1 - churn)];$$

$$N_{Pct_CPE_t} = N_{hct} - N_{hct-1}[1 - churn \cdot (1 - F_r)],$$

где:

$Fiber_HC_{total_t}$ – общее количество волоконно-оптического кабеля (км), который нужно проложить в данном году t для подсоединения подключенных домов к соответствующим разветвителям;

$Fiber_HC_{avg}$ – средняя общая длина волоконно-оптического кабеля (км), необходимого для подсоединения одного дома, готового к подключению, к соответствующему разветвителю;

N_{hct} – количество абонентов (подключенных домов) в данном году t ;

N_{hct-1} – количество абонентов (подключенных домов) в году $t - 1$;

$churn$ – процент абонентов, появившихся в году $t - 1$, которые покинули абонентскую базу в году t ;

$N_{Pct_CPE_t}$ – количество комплектов CPE, которые требуется установить в данном году t ;

F_r – процент повторно используемых ONT, изъятых у абонентов, расторгших контракты в году t .

Следует отметить, что в разных странах показатели оттока и процента повторного использования CPE и ONT могут значительно различаться, поэтому регуляторным органам настоятельно рекомендуется получить точные данные у местных операторов. Однако в тех случаях, когда получить такую информацию не удастся, в качестве разумных значений для определения параметров сети обычно считают коэффициент оттока 5 процентов в год и коэффициент повторного использования 80 процентов.

Расчет количества волоконно-оптического кабеля (для домов, готовых к подключению)

Первый шаг

Расчет количества волоконно-оптического кабеля – уровень OLT

$$\begin{array}{l}
 A = 100 \text{ км}^2 \\
 N = 25 \text{ OLT} \\
 D = \sqrt{A} = 10 \text{ км}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 K = 1 \\
 n = \sqrt{N} = 5 \\
 L = \frac{D}{n} = 2 \text{ км}
 \end{array}
 \quad
 \left.
 \begin{array}{l}
 L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)] \\
 L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sum_{i=1}^4 [\min(i, 5-i) \cdot (5-i)] \\
 L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot [(1 \cdot 4) + (2 \cdot 3) + (2 \cdot 3) + (1 \cdot 1)] \\
 L_{fo} = 136 \text{ км}
 \end{array}
 \right\}$$

$$L_{fo_corrected} = \frac{136}{0,555} \cong 245 \text{ км}$$

Второй шаг с учетом наличия одного уровня разветвителей

Расчет количества волоконно-оптического кабеля – уровень разветвителей

$$\begin{array}{l}
 A = \frac{100 \text{ км}^2}{25 \text{ OLT}} = 4 \text{ км}^2 / \text{OLT} \\
 N = \frac{3125 \text{ разветвителей}}{25 \text{ OLT}} = 125 \text{ разветвителей} / \text{OLT} \\
 n = \sqrt{N} \cong 11 \\
 D = \sqrt{A} = 2 \text{ км}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 K = 1 \\
 L = \frac{D}{n} \cong 0,18 \text{ км}
 \end{array}
 \quad
 \left.
 \begin{array}{l}
 L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)] \\
 L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,18 \cdot \sum_{i=1}^{10} [\min(i, 11-i) \cdot (11-i)] \\
 L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,18 [10 + 18 + 24 + 28 + 30 + 25] \\
 L_{fo} = 118,8 \text{ км на OLT}
 \end{array}
 \right\}$$

$$L_{fo_corrected} = \frac{118,8}{0,555} \cong 214 \text{ км на OLT}$$

Расчет общего количества волоконно-оптического кабеля (в километрах), который необходимо проложить в данный год $t = 1$ для подсоединения подключенных домов к соответствующим разветвителям, а также общее количество комплектов СРЕ, которые будут установлены в том же году в данном городе.

**Расчет количества волоконно-оптического кабеля –
уровень домов, готовых к подключению (НР)**

$$A = \frac{4 \text{ км}^2 / \text{OLT}}{125 \text{ разветвителей} / \text{OLT}} = 0,032 \text{ км}^2 / \text{разветвитель}$$

$$N = \frac{50\,000 \text{ НР}}{3\,125 \text{ разветвителей}} = 16 \text{ НР} / \text{разветвитель}$$

$$n = \sqrt{N} \cong 4 \quad K = 1$$

$$D = \sqrt{A} \cong 0,18 \text{ км} \quad L = \frac{D}{n} \cong 0,045 \text{ км}$$

$$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,045 \cdot \sum_{i=1}^3 [\min(i, 4-i) \cdot (4-i)]$$

$$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,045 \cdot [(1 \cdot 3) + (2 \cdot 2) + (1 \cdot 1)]$$

$$L_{fo} = 1,44 \text{ км на разветвитель}$$

$$L_{fo,corrected} = \frac{1,44}{0,67} \cong 2,15 \text{ км на разветвитель}$$

$$Fiber_{HC_{avg}} = \frac{2,15 \text{ км} / \text{разветвитель}}{16 \text{ НР} / \text{разветвитель}} = 0,135 \text{ км} / \text{НР}$$

Учитывая

$$N_{nc_t} = 10\,000 \quad N_{nc_o} = 1000 \quad churn = 5\% \quad F_r = 80\%$$

и

$$Fiber_{HC_{total_t}} = Fiber_{HC_{avg}} \cdot [N_{nc_t} - N_{nc_{t-1}} \cdot (1 - churn)];$$

$$N_{Pct_{CPE,t}} = N_{nc_t} - N_{nc_{t-1}} \cdot [1 - churn \cdot (1 - F_r)].$$

Получаем:

$$Fiber_{HC_{total_t}} = 0,135 \cdot [10\,000 - 1000 \cdot (1 - 0,05)] = 0,135 \cdot 9050 \cong 1222 \text{ км};$$

$$N_{Pct_{CPE,1}} = 10\,000 - 1000 \cdot [1 - 0,05 \cdot (1 - 0,8)] = 10\,000 - 990 = 9010 \text{ Pct}_{CPE}.$$

Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

Удельные затраты на сеть FTTH

Представленная до сих пор модель сети FTTH состоит из местных центральных станций FTTH, маршрутизирующих локальный трафик к магистрали оператора, OLT, разветвителей и, наконец, волоконно-оптических кабелей и комплектов CPE. Стоит отметить, что для подсоединения подключенных домов к разветвителям можно использовать волоконно-оптический кабель с меньшей пропускной способностью (более дешевый), а для соединений между разветвителями, OLT и местной центральной станцией FTTH зарезервировать волоконно-оптический кабель с большей пропускной способностью (более дорогой).

Как и в предыдущем случае, удельные затраты на каждый из этих сетевых элементов следует узнавать у местных операторов и поставщиков сетевого оборудования.

Результаты оценки капитальных затрат

Подсчитав количество местных центральных станций FTTH, OLT, разветвителей, комплектов CPE и километров волоконно-оптического кабеля, необходимых для развертывания сети FTTH в каждом из муниципалитетов, а также стоимость единицы этого оборудования, можно получить требуемый совокупный объем инвестиций (сарех) по годам⁴¹.

⁴¹ Капитальные затраты, необходимые для маршрутизации трафика данных из муниципалитетов (в восходящем направлении от местной центральной станции FTTH), не рассматривались исходя из предположения, что в проект FTTH должна быть включена уже существующая национальная магистральная сеть, соединяющая все муниципалитеты.

Здесь важно подчеркнуть, что влияние оценки инвестиций на денежный поток моделируемой деятельности будет зависеть от срока, намеченного для установки инфраструктуры, – обычно первые годы эксплуатации. В последующие годы капитальные затраты будут связаны только с прокладкой волоконно-оптических кабелей для подключения новых абонентов к разветвителям, а также с приобретением комплектов СРЕ и их распространением среди абонентов – потребности в инфраструктуре будут меняться в зависимости от изменения спроса со стороны абонентов FTTH в течение года.

4.4 Транспортные сети

В свете растущего спроса на сети сверхширокополосного доступа многие страны испытывают недостаток инфраструктуры транспортных сетей, способной маршрутизировать весь входящий и исходящий трафик данных между муниципалитетами или регионами и магистральной сетью оператора.

Директивным органам часто приходится решать задачу ускорения развертывания волоконно-оптических транспортных сетей с помощью мер государственной политики, создающих благоприятные условия для привлечения частных инвестиций в целях устранения этого дефицита инфраструктуры. В данном контексте часто бывает полезно оценить капитальные затраты на развертывание волоконно-оптических транспортных сетей в целях разработки или оценки экономически устойчивых проектов развертывания инфраструктуры.

Для упрощения проекта и оценки капитальных затрат в описываемом примере волоконно-оптическую транспортную сеть можно рассматривать как набор волоконно-оптических линий связи с передатчиками и усилителями на основе синхронной цифровой иерархии (SDH) в их оконечных точках, соединенных подземными волоконно-оптическими кабелями, с несколькими волоконно-оптическими повторителями, расположенными вдоль этих кабелей. Кроме того, для интеграции трафика данных в национальную магистральную сеть необходимы такие сетевые элементы, как реконфигурируемые оптические мультиплексоры ввода-вывода на основе плотного мультиплексирования с разделением по длине волны (DWDM ROADM) и оптические распределительные устройства (ODF).

Как количество необходимых сетевых элементов, так и их требуемая пропускная способность в значительной мере зависят от требуемой минимальной пропускной способности (совокупного спроса на трафик на муниципальном или региональном уровне) и расстояния между муниципалитетом или регионом и ближайшим вводом магистральной сети оператора. Когда известны обе эти составляющие жизненно важной информации для всех необходимых транспортных линий, можно оценить совокупные капитальные затраты.

В случае окончательного сетевого оборудования, в частности передатчиков, количество необходимых элементов зависит от потребностей каждого муниципалитета. То есть рассматривается использование оборудования с определенной пропускной способностью (Мбит/с) и оценивается необходимое количество этого оборудования исходя из спроса на данные.

Однако магистральное оборудование предусматривает возможные настройки сети, необходимые для удовлетворения потребностей конкретного муниципалитета. В самом деле, для подключения к магистрали нового муниципалитета может потребоваться повышение пропускной способности некоторых элементов сети. В этом случае для каждого муниципалитета необходимо провести количественную оценку требуемых усовершенствований элементов магистральной сети.

Последняя группа сетевых элементов связана с общей протяженностью сети. В волоконно-оптической сети количество волоконно-оптического кабеля и необходимых каналов и траншей напрямую зависит от протяженности сети, причем ретрансляторы расставляются на определенном расстоянии друг от друга в зависимости от дальности их действия. Дальность действия волоконно-оптических ретрансляторов варьируется в зависимости от поставщика сети, и можно ожидать, что со временем она будет увеличиваться; однако стандартным для волоконно-оптических транспортных сетей, как правило, считается включение ретранслятора через каждые 70 км.

Для расчета стоимости этого набора сетевых элементов необходимо определить протяженность каждой линии сети, которую планируется построить. Это можно сделать, используя в качестве ориентира наименьшее расстояние по дороге между подключаемым муниципалитетом и национальной волоконно-оптической магистралью, поскольку прокладка волоконно-оптического кабеля вдоль межмуниципальных автомагистралей и автодорог обычно сокращает стоимость и сроки развертывания сети.

Следует отметить, что эта стратегия расчета основана на развертывании сети с топологией "звезда" (радиальные соединения без оптимизации). Однако, поскольку к одной и той же точке национальной магистральной сети можно подключить несколько муниципалитетов, следует оценить и возможность реализации участков сети с кольцевой топологией, когда муниципалитеты связаны друг с другом и имеют общую точку ввода трафика в национальную магистраль. Этот гибридный подход значительно сокращает необходимое количество волоконно-оптического кабеля в километрах, но требует, чтобы регуляторные органы сначала определили физическую топологию развертываемой сети.

Наконец, подсчитав объем необходимого оборудования и волоконно-оптического кабеля, умножим результат на стоимость единицы такого оборудования, предпочтительно полученную непосредственно от производителей и поставщиков, уже работающих в стране. Окончательный результат всех этих расчетов даст общую оценку капитальных затрат на проект.

5 Оценка операционных расходов (орех) на предоставление услуг широкополосной связи

В данном разделе рассматривается вопрос оценки затрат и текущих расходов (орех) для проекта широкополосной связи в целях точной оценки денежных потоков для тщательной разработки бизнес-плана. Рассмотрим три основных подхода к оценке орех:

- использование моделей затрат;
- использование затрат и расходов за истекшие периоды;
- использование контрольных показателей.

Решение директивных органов о том, какой подход следует выбрать, зависит от наличия данных.

5.1 Использование для оценки орех стоимостных моделей затрат

В тех случаях, когда регуляторные органы электросвязи в качестве регуляторных требований выдвигают требования разделения бухгалтерского учета и предоставления моделей затрат для целей регулирования оптовых тарифов, прогноз величины расходов при расчете чистой приведенной стоимости проекта можно получить на основе информации, извлеченной из модели затрат.

Хотя такие регуляторные требования относятся к оценке затрат на оптовые продукты, данные, связанные с таким учетом затрат, представляют собой ценные исходные сведения, которые можно использовать для оценки операционных расходов в проектах широкополосной связи.

Представляющим интерес методом является использование данных о полностью распределенных затратах (FAC) – подход анализа сверху вниз⁴² к оценке эксплуатационных затрат, связанных с предоставлением услуг широкополосной связи. При таком подходе общая стоимость услуг, предлагаемых оператором, включает в себя все учетные издержки, понесенные компанией при предоставлении этой услуги, включая капитальные затраты. Таким образом, общую стоимость продукта можно представить следующими уравнениями:

$$\text{Общая стоимость продукта (ТС)} = \text{Расходы} + \text{Стоимость капитала};$$

$$\text{Стоимость капитала (CC)} = \text{Вложенный в продукт капитал} \times \text{WACC},$$

где:

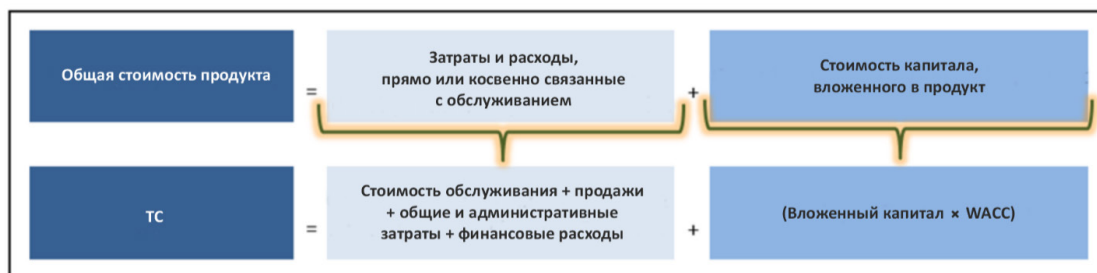
расходы – суммарная величина, складывающаяся из стоимости обслуживания, стоимости/продаж, общих и административных затрат и финансовых расходов, прямо или косвенно связанных с производством продукта;

стоимость капитала (CC) – гипотетическое вознаграждение, которое поставщик должен получать за сохранение капитала, вложенного в его активы;

WACC – средневзвешенная стоимость капитала.

⁴² При таком подходе расчет начинается с фактической учетно-бухгалтерской информации операторов и определенным образом распределяется между всеми услугами.

Рисунок 11: Состав совокупных затрат



Источник: МСЭ

Следует также отметить, что для различных услуг электросвязи, предоставляемых самими операторами, используются другие услуги, которые производятся внутри компании, поэтому общая стоимость продукта должна покрывать расходы, связанные с такими внутренними перечислениями, если они присутствуют.

Внутренние перечисления можно оценить двумя способами:

- i) если продукт имеет внешнюю коммерциализацию, то цена при внутреннем перечислении должна быть такой же, как цена, взимаемая с других поставщиков услуг электросвязи;
- ii) если внешняя коммерциализация отсутствует, то цена при внутреннем перечислении основывается на общей стоимости продукта (ТС), рассчитанной по соответствующему уравнению (Рисунок 12).

На основе информации, представленной поставщиками в их положениях о разделении бухгалтерского учета, и методики, разработанной регуляторным органом в рамках модели затрат сверху вниз, можно определить состав общей стоимости каждой из предлагаемых услуг.

Прогноз операционных расходов, необходимый для расчета чистой приведенной стоимости проекта сети широкополосной связи, может быть основан на соотношении суммы расходов, понесенных при предоставлении набора услуг, предлагаемых поставщиком или группой поставщиков, и суммы чистого операционного дохода от того же набора услуг.

Рисунок 12: Отношение расходов к чистому доходу



Источник: МСЭ

Полученное отношение совокупных затрат и расходов к чистому доходу следует применять к оценкам доходов, которые содержатся в бизнес-плане в разбивке по годам, что позволяет получить оценку части операционных расходов.

При анализе группы расходов, входящих в категорию "затраты на обслуживание", их можно разделить (на основе их характеристик) на две отдельные подкатегории: а) затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание; и б) компенсация, выплачиваемая другим компаниям-кредиторам (например, за соединение, аренду сети и другие подобные расходы).

Теперь остается только оценить часть расходов, связанных с затратами на эксплуатацию и техническое обслуживание (операционные расходы и эксплуатация и техническое обслуживание), которая была исключена из расчетов затрат на обслуживание вследствие того, что это внутренние расходы, которые зависят от капитальных затрат на проект. Чтобы оценить эту часть операционных расходов, можно использовать информацию об операционных расходах по каждому элементу сети, необходимому для построения сети, за каждый год.

Таблица 3: Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание

Элементы сети	CAPEX	OPEX
Элемент 1	X	% от X
Элемент 2	Z	% от Z
Элемент 3	Y	% от Y
		Эксплуатация и техническое обслуживание (OAM)

Поскольку расчет затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание жестко связан с капитальными затратами, которые будут реализованы, расходы, относящиеся к этой подкатегории, можно рассчитать с использованием методики прогнозирования доли капитальных затрат вместо использования средних значений, полученных на основе данных поставщика услуг за прошлые годы.

Таблица 4: Оценка совокупных операционных расходов с использованием модели затрат

	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	...
Чистый доход	X	Z	Y	W	...
Отношение расходов к доходу	r%	r%	r%	r%	r%
Орех 1	X . r%	Z . r%	Y . r%	X . r%	...
Эксплуатация и техническое обслуживание (OAM)	Расходы на OAM	Расходы на OAM	Расходы на OAM	Расходы на OAM	
Совокупные орех	(X . r%) + расходы на OAM	(Z . r%) + расходы на OAM	(Y . r%) + расходы на OAM	(Y . r%) + расходы на OAM	

Использование моделей затрат для оценки опex

Сценарий. Оператор сети подвижной связи приступает к реализации проекта создания беспроводной широкополосной сети 4G LTE. Одним из возможных подходов к оценке операционных расходов для нового проекта является использование моделей затрат, уже разработанных/применяемых регуляторным органом для других услуг подвижной связи.

Модели затрат

СОВОКУПНЫЕ ЗАТРАТЫ И ДОХОД ОТ ПРОДУКТОВ, ОТНОСЯЩИХСЯ К УСЛУГАМ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Операционный доход	255 432 605
Затраты и расходы + стоимость вложенного капитала	127 568 537
Стоимость услуг	43 845 976
Коммерческие услуги	51 119 948
Административные и общие расходы	32 602 613

Отношение расходов к чистому доходу 0,50

	СОВОКУПНЫЙ ДОХОД	Отношение расходов к чистому доходу	ОРЕХ 1	ОБЪЕМ	ОРЕХ 2, СОВОКУПНЫЕ	СОВОКУПНЫЕ ОРЕХ
1-й год	\$ 3 774 600	0,50	\$ 1 885 116	100	\$ 2 249 750	\$ 4 134 866
2-й год	\$ 14 098 752	0,50	\$ 7 041 220	200	\$ 4 499 500	\$ 11 540 720
3-й год	\$ 32 616 176	0,50	\$ 16 289 220	300	\$ 6 749 250	\$ 23 038 470
4-й год	\$ 53 052 192	0,50	\$ 26 495 406	400	\$ 8 999 000	\$ 35 494 406
5-й год	\$ 81 791 516	0,50	\$ 40 848 442	500	\$ 11 248 750	\$ 52 097 192
Элементы сети	CAPEX	% ОРЕХ	ОРЕХ 2 НА ЕДИНИЦУ ОБОРУДОВАНИЯ			
Элемент 1	\$ 23 750	11%	\$		\$ 2613	
Элемент 2	\$ 222 500	7%	\$		\$ 15 575	
Элемент 3	\$ 142 500	3%	\$		\$ 4275	
Элемент 4	\$ 3500	1%	\$		\$ 35	
Всего	\$		\$		\$ 22 498	

Источник: МСЭ

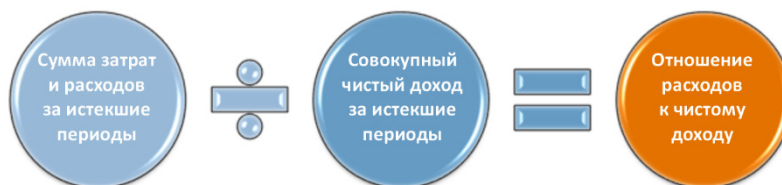
Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

5.2 Использование для оценки опex затрат и расходов за истекшие периоды

В отсутствие достаточно проработанной модели затрат альтернативным способом оценки операционных расходов, связанных с внедряемым продуктом, может служить использование данных балансовых отчетов уже имеющихся в стране компаний, предоставляющих аналогичные (или очень похожие) услуги.

Рекомендуемый подход заключается в оценке наблюдавшейся в прошлые годы тенденции поведения операционных расходов в зависимости от чистого дохода. Если выявлена стабильная взаимосвязь между этими двумя переменными, их соотношение можно использовать для оценки опex.

Рисунок 13: Отношение расходов к чистому доходу за истекшие периоды



Источник: МСЭ

Когда невозможно определить стабильную взаимосвязь между доходами и расходами, наилучшей стратегией является просмотр аналитических отчетов и устранение возможных погрешностей, чтобы можно было использовать стабильную оценку денежных потоков.

Оценив соотношение между операционными расходами (включая стоимость обслуживания, продажи, общие и административные расходы) и чистым доходом, следует применить это соотношение к общему годовому доходу, оцененному по денежному потоку. Результат будет соответствовать величине орех за каждый год.

Таблица 5: Оценка совокупных операционных расходов с использованием затрат и расходов за истекшие периоды

	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	...
Чистый доход	X	Z	Y	W	...
Отношение расходов к доходу	r%	r%	r%	r%	r%
Совокупные операционные расходы	X . r%	Z . r%	Y . r%	X . r%	...

Источник: МСЭ

5.3 Использование для оценки орех контрольных показателей

Если услуга относительно новая и в стране отсутствуют достаточно зрелые коммерческие предприятия, которые позволили бы оценить операционные расходы на основе данных реального балансового отчета, разумной альтернативой является использование контрольных показателей.

В специальной литературе легко найти ориентиры для моделирования совокупных расходов по бизнес-плану, включая оценку поведения компании, предлагающей инновационную (и, возможно, ранее не опробованную) услугу. Один из самых распространенных контрольных показателей – соотношение между сарех и орех в виде отношения сарех/ТСО⁴³ проектов, связанных с новыми технологиями. Следует выбрать по крайней мере три разных рыночных ориентира и на их основе определить базовое значение для использования в бизнес-плане.

При таком подходе оценка совокупных операционных расходов производится на основе их прямой взаимосвязи с совокупными капитальными затратами, как показано на Рисунке 14.

Рисунок 14: Отношение сарех/орех



Источник: МСЭ

Однако поскольку текущие затраты и расходы, как правило, тесно связаны с количеством активных пользователей в сети, для оценки годовых операционных расходов мы предлагаем разделить совокупные операционные расходы, оцениваемые как функция совокупных капитальных затрат, на суммарное количество пользователей в каждом году по бизнес-плану, затем умножить эту цифру на общее количество пользователей, ожидаемое каждый год, чтобы получить ежегодный прирост операционных расходов в соответствии со спросом пользователей.

⁴³ ТСО (совокупная стоимость владения) = сарех + орех.

Рисунок 15: Операционные расходы на одного пользователя



Источник: МСЭ

Таблица 6: Оценка совокупных операционных расходов с использованием контрольных показателей

	1-й год	2-й год	...	n-й год	ВСЕГО
Спрос	X	Z	...	W	Совокупный спрос
Орех на одного пользователя	u	u	u	u	U
Орех	X · u	Z · u	Y · u	W · u	Совокупные операционные расходы

Источник: МСЭ

Использование для оценки орех затрат и расходов за истекшие периоды

Сценарий. Оператор фиксированной широкополосной связи приступает к реализации проекта FTTH в стране, где другие операторы уже предоставляют аналогичные услуги. Одним из возможных подходов к оценке операционных расходов для нового проекта является использование данных балансовых отчетов уже действующих компаний-операторов, предоставляющих аналогичные (или очень похожие) услуги.

В этом примере приведен иллюстративный балансовый отчет действующего оператора. Для оценки отношения расходов к доходам необходимо исключить амортизационные расходы (износ и амортизацию), чтобы отношение рассчитывалось непосредственно по сарех. Для оценки операционных расходов к предполагаемому доходу применяется расчетный коэффициент.

Балансовый отчет

	3-й год	4-й год	5-й год
Операционный доход	297 912 913	325 137 496	340 544 845
Операционные затраты и расходы	262 441 526	286 267 393	307 163 411
<i>Стоимость продаж и обслуживания</i>	<i>151 754 644</i>	<i>159 353 526</i>	<i>165 445 249</i>
<i>Коммерческие, административные и общие расходы</i>	<i>67 120 319</i>	<i>76 033 705</i>	<i>80 211 477</i>
<i>Прочие расходы</i>	<i>1 661 652</i>	<i>1 371 521</i>	<i>8 115 038</i>
<i>Износ и амортизация</i>	<i>41 904 912</i>	<i>49 508 640</i>	<i>53 391 647</i>
Отношение расходов к доходу	0,74	0,73	0,75

	СОВОКУПНЫЙ ДОХОД	Отношение расходов к доходу	Совокупные операционные расходы
1-й год	\$ 3 774 600	0,74	\$ 2 785 209
2-й год	\$ 14 098 752	0,74	\$ 10 403 215
3-й год	\$ 32 616 176	0,74	\$ 24 066 887
4-й год	\$ 53 052 192	0,74	\$ 39 146 256
5-й год	\$ 81 791 516	0,74	\$ 60 352 483
6-й год	\$ 110 553 418	0,74	\$ 81 575 373
7-й год	\$ 138 700 777	0,74	\$ 102 344 801
8-й год	\$ 177 186 170	0,74	\$ 130 742 478
9-й год	\$ 225 332 475	0,74	\$ 166 268 767
10-й год	\$ 295 886 060	0,74	\$ 218 328 985

Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

6 Оценка средневзвешенной стоимости капитала (WACC)

Определение WACC – важный шаг в процессе установления цен для сектора электросвязи, который оказывает большое влияние на модели аукционов электросвязи и модели ценообразования для частотного спектра. Если установить WACC слишком низкой, это может воспрепятствовать новым инвестициям и привести к тому, что цены окажутся ниже рациональных затрат. Если же установить ее слишком высокой, это может стимулировать чрезмерные инвестиции и привести к завышению цен.

В широком смысле WACC представляет собой процентную ставку, эквивалентную средневзвешенному значению альтернативных издержек источников постоянного финансирования поставщиков услуг. Параметры этих расчетов определяются формулой, взятой из модели определения стоимости капитальных активов (CAPM):

$$WACC_J^{After Tax} = K_d (1 - \tau) (D|D + E) + K_e^j (E|D + E),$$

где:

K_d – стоимость долга;

τ – ставка налога;

$(D|D + E)$ – доля заемного капитала;

K_e^j – стоимость собственного капитала;

$(E|D + E)$ – доля собственного капитала.

Следует отметить, что в некоторых странах фактическая задолженность поставщиков услуг электросвязи может сильно различаться, особенно между национальными поставщиками и иностранными, которые могут получать выгоду от капитализации вне группы и от внутригруппового финансирования.

Учитывая этот широкий диапазон потенциальных размеров долга, регуляторный орган может решить установить его уровень в зависимости от среднего уровня долга, принятого инвестиционными банками и регуляторными органами во всем мире, и среднего уровня долга мировых компаний.

Оценка стоимости долга

Стоимость долга (заемного капитала) оценивается согласно уравнению

$$K_d = rd_f^T (1 + Spread),$$

где:

rd_f^T – ставка безрисковой облигации;

$Spread$ – ставка кредитного риска, за которую принимается усредненная маржа, выплачиваемая всеми поставщиками услуг электросвязи на данном рынке.

Оценка стоимости собственного капитала

Стоимость собственного капитала оценивается согласно уравнению:

$$K_e^j = (re_f^T + \beta_j MRP + CRP) \times ((1 + \pi_{local}) | (1 + \pi_{US})),$$

где:

re_f^T – безрисковая ставка, основанная на общей концепции доходности облигаций к погашению на основе активов со сроком погашения не менее пяти лет;

β_j – коэффициент бета акционерного капитала. Его можно рассчитать по изменению цены акций поставщика услуг электросвязи по отношению к фондовому рынку в целом или вместо этого воспользоваться международными ориентирами. При любом подходе следует использовать коэффициент бета без долговой нагрузки, который определяется оптимальной структурой капитала, соответствующей структуре капитала местных операторов связи;

CRP – премия за страновой риск. Когда стоимость собственного капитала оценивается в соответствии с глобальным подходом, в уравнение для K_e^j необходимо ввести CRP и разницу между местной инфляцией и инфляцией в Соединенных Штатах Америки;

MRP – премия за рыночный риск.

Оценка премии за рыночный риск (MRP)

Премия за рыночный риск оценивается согласно уравнению

$$MRP = \frac{1}{P} \sum_{h=1}^P (r_m^{T-h} - re_f^{T-h})$$

где:

re_f^{T-h} – безрисковая ставка;

r_m^{T-h} – доходность индекса рынка.

Временная шкала данных за прошлые периоды, используемая для оценки премии за рыночный риск, должна быть не меньше пяти лет. Кроме того, следует игнорировать периоды, отражающие аномальные ситуации на рынке.

Локальная или глобальная CAPM

Существует два основных подхода к оценке стоимости собственного капитала – глобальная и локальная модели определения стоимости капитальных активов (CAPM). Глобальная CAPM обычно используется банками, а локальная CAPM чаще применяется регуляторными органами (например, ANTT – регуляторным органом транспортной отрасли Бразилии; ARCEP (Франция); CMT (Испания); ComReg (Ирландия); Ofcom (Соединенное Королевство) и PTS (Швеция)). Оценка CAPM по локальным параметрам возможна при наличии стабильных данных. У обеих методик есть свои преимущества и недостатки, однако при наличии данных рекомендуется использовать локальную CAPM, поскольку она прозрачнее и, как правило, лучше отражает состояние местного рынка.

Глобальная CAPM – это попытка построить реальную картину в стране, используя международные данные. Она рекомендуется в случаях ограниченной доступности информации о внутреннем рынке и/или информации об активах компаний электросвязи, котирующихся на фондовой бирже в рассматриваемой стране.

Альтернативным способом учета неприсчитанных рисков было бы добавление к глобальной CAPM других факторов, позволяющих учесть политические, регуляторные и другие риски, однако в настоящее время такие модели все еще носят экспериментальный характер. Поиск в интернете быстро выявляет широкий спектр данных, которые могут помочь в расчете CAPM⁴⁴, таких как данные, представленные в Таблице 7.

⁴⁴ См. полезный совет: http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/home.htm.

Таблица 7: Преимущества и недостатки локальной и глобальной CAPM

	Локальная CAPM	Глобальная CAPM
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> – Прозрачность – Отражает перспективу местного рынка 	<ul style="list-style-type: none"> – Не зависит от локальных баз данных – Использует ориентиры – Использует более зрелые экономические данные
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> – Зависит от доступности баз данных – Требуется стабильного макроэкономического сценария 	<ul style="list-style-type: none"> – Сопоставимость ориентиров – Использование странового риска с большой вариабельностью – Неточный процесс оценки использования заемных средств между странами

Источник: МСЭ

В локальной CAPM используются внутренние данные. Основными преимуществами использования локальной CAPM являются прозрачность, обеспечиваемая широким признанием этой методики научным сообществом и рынком, а также точное представление о местном рынке, которое дает данный подход. К недостаткам же можно отнести возможное отсутствие доступных баз данных и/или стабильного внутреннего макроэкономического сценария развития.

В странах с продолжительной историей экономической стабильности, долгосрочными финансовыми показателями и стабильными активами рекомендуется применять методику локальной CAPM.

Преобразование номинальной WACC в реальную

После оценки WACC в номинальном выражении, чтобы получить показатель в реальном выражении, следует внести поправку на инфляцию за соответствующий период времени, используя так называемое уравнение Фишера:

$$WACC_{Real} = \frac{(1 + WACC_{Nominal})}{(1 + \pi)} - 1,$$

где:

$WACC_{Real}$ – реальная WACC;

$WACC_{Nominal}$ – номинальная WACC;

π – уровень инфляции.

Простое вычитание уровня инфляции из номинальной WACC не даст правильного результата, поскольку результат будет иметь тенденцию к завышению реальной ставки, хотя в тех случаях, когда процентные ставки и инфляция относительно низки, погрешность будет небольшой.

Рекомендуется использовать прогностические оценки инфляции; в идеале должны применяться оценки за период времени, равный сроку погашения безрисковой облигации, хотя на практике это не всегда возможно из-за ограниченного временного горизонта прогнозов инфляции.

Оценка WACC методом глобальной CAPM

Стоимость собственного капитала (Ke)	
Премия за страновой риск:	2,63%
Безрисковая ставка:	2,66%
Бета:	0,99%
Премия за рыночный риск (MRP):	8,49%
Оценка стоимости собственного капитала (Ke):	13,92%
Стоимость заемного капитала (Kd)	
Ставка безрисковой облигации:	6,40%
Спред:	6,89%
Оценка стоимости заемного капитала:	6,84%
Ставка корпоративного налога:	34%
Оценка стоимости заемного капитала после выплаты налогов:	4,51%
D/(D + E)	
D/(D + E):	30%
E/(D + E):	70%
ИТОГО:	100%
Уровень инфляции	
Целевая инфляция в США:	2,0%
Местная целевая инфляция:	4,0%
WACC	
Взвешенная стоимость собственного капитала:	9,74%
Взвешенная стоимость заемного капитала:	1,35%
Номинальная WACC:	11,10%
Реальная WACC:	6,82%

Премия за страновой риск: 2,63% премия за страновой риск по Дамодарану

Безрисковая ставка: Это доходность 10-летней облигации США

Бета:

E/(D + E)	D/(D + E)	ВСЕГО	Налог	Бета без долговой нагрузки	Бета с учетом долговой нагрузки
70%	30%	100%	34,0%	0,768	0,985

Бета без долговой нагрузки: Бета, бета без долговой нагрузки и другие меры риска – развивающиеся рынки по Дамодарану

Премия за рыночный риск (MRP):

Историческая справка по премии за рыночный риск:

	S&P500	US 10Y	MRP
15 лет (2004–2018 годы)	8,52%	0,97%	8,49%

Ставка безрисковой облигации: 6,40% – доходность безрисковой облигации страны на определенную дату

Спред на 28.01.2019 года:

Облигации	Объем торгов	Сумма	Индивидуальный спред	Спред
Оператор А	151 500	10 000	4,3%	6,89%
Оператор В	110 000	10 000	4,0%	
Оператор С	523 525	1000	13,4%	
Оператор D	100 000	10 000	3,2%	
Оператор А	1 500 000	1000	2,9%	
Оператор В	100 000	10 000	3,9%	
Оператор С	2000	10 000	40,0%	
Оператор D	150 000	1000	11,5%	
Оператор А	200 000	10 000	8,3%	
Оператор В	2720	234 700	26,1%	

Источник: МСЭ

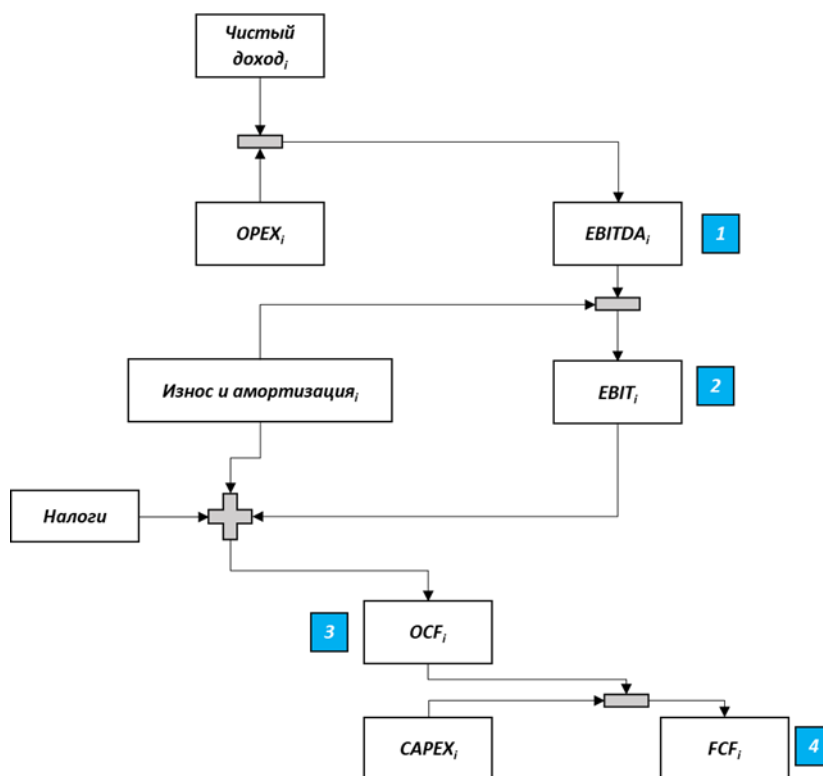
Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

Оценка чистой приведенной стоимости (NPV) проектов инфраструктуры широкополосной связи

Как подробно описано в разделе о принципах бизнес-планирования, расчет чистой приведенной стоимости является наиболее важным результатом процесса бизнес-планирования для регуляторных и директивных органов. Он объединяет оценку капитальных затрат, операционных расходов, доходов и денежных потоков за годы развертывания сети и предоставления услуг в экономическое уравнение, предназначенное для точной оценки экономической устойчивости и привлекательности инфраструктурного проекта, а также для количественной оценки дефицита национальной инфраструктуры широкополосной связи.

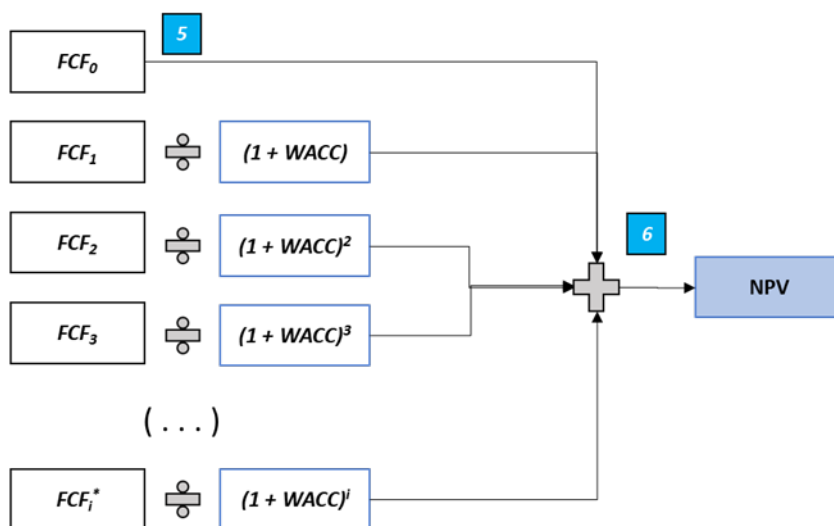
Чтобы обеспечить лучшее понимание того, как рассчитать чистую приведенную стоимость инфраструктурного проекта, процесс расчета на блок-схемах, представленных на рисунках 16 и 17, разбит на шесть этапов.

Рисунок 16: Этапы 1–4 расчета NPV



Источник: МСЭ

Рисунок 17: Этапы 5 и 6 расчета NPV



* Рассчитано по остаточной стоимости, без учета амортизации.

Источник: МСЭ

На первом этапе расчета NPV инфраструктурного проекта оценивается *прибыль до уплаты процентов, налогов, износа и амортизации* (ЕБИТДА) за каждый год работы. Ее можно рассчитать простым вычитанием операционных расходов из чистого дохода; эти значения оцениваются по годам в соответствии с методиками, уже представленными в данном комплекте материалов.

На втором этапе производится расчет *прибыли до уплаты процентов и налогов* (ЕВІТ), для чего из ЕВІТDА вычитаются предполагаемые суммы износа и амортизации (DА)⁴⁵. Расчет DА для данного года работы *i* можно выполнить с использованием следующей формулы:

$$DA_i = \begin{cases} \sum_{k=1}^i \frac{CAPEX_k}{t}, & \text{если } i \leq t; \\ \sum_{k=i-t+1}^i \frac{CAPEX_k}{t}, & \text{если } i > t, \end{cases}$$

где:

DA_i – износ и амортизация в данном году *i*;

$CAPEX_k$ – предполагаемые капитальные затраты для данного года работы *k*;

t – средний срок службы (в годах) активов (капитальные затраты) или количество лет амортизации, установленное местными правилами бухгалтерского учета;

i – заданный год работы, например 1-й, 2-й, 3-й и т. д. год.

Третий этап расчета чистой приведенной стоимости заключается в оценке операционного денежного потока за каждый год путем вычитания из ЕВІТDА суммы налогов за каждый год, когда значение ЕВІТ положительно. Расчет суммы налогов по годам производится по следующей формуле:

$$T_i = \text{Max}(0; EBIT_i \times TR_{local}),$$

где:

T_i – общая сумма налогов, подлежащих учету в FCF, за данный год *i*;

$EBIT_i$ – прибыль до уплаты процентов и налогов за данный год *i*;

TR_{local} – местная ставка налога, взимаемого с прибыли оператора, план которого оценивается.

На четвертом этапе расчета NPV инфраструктурного проекта определяется свободный денежный поток (FCF) за каждый год работы путем простого вычитания из операционного денежного потока (OCF) общих капитальных затрат за данный год *i*.

После вычисления FCF для каждого года работы на пятом и шестом этапах производится расчет NPV результирующих FCF за каждый год работы и, наконец, их сложение для получения общей NPV инфраструктурного проекта. Эти два последних этапа можно выполнить, используя приведенную ниже формулу:

$$NPV = \sum_1^z \frac{FCF_i}{(1+WACC)^i},$$

где:

NPV – общая чистая приведенная стоимость инфраструктурного проекта;

FCF_i – свободный денежный поток за данный год *i*⁴⁶;

$WACC$ – средневзвешенная стоимость капитала;

⁴⁵ Процент и период износа/амортизации в разных странах могут различаться.

⁴⁶ Остаток неамортизированных активов добавляется к FCF последнего года работы; его можно рассчитать путем вычитания из суммы капитальных затрат суммы износа и амортизации за год работы.

z – общее количество лет эксплуатации, учитываемых при оценке инфраструктурного проекта.

Расчет чистой приведенной стоимости (NPV)

Расчет чистой приведенной стоимости данного инфраструктурного проекта иллюстрируется на следующем примере.

Расчет чистой приведенной стоимости (NPV)										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Чистый доход	\$ 90 958	\$ 1 320 680	\$ 4 347 379	\$ 7 672 031	\$ 9 387 107	\$ 10 152 234	\$ 10 807 641	\$ 11 537 279	\$ 12 336 841	\$ 13 264 945
OPEX	\$ 556 799	\$ 1 265 662	\$ 3 026 254	\$ 4 956 718	\$ 5 948 765	\$ 6 388 580	\$ 6 764 155	\$ 7 182 756	\$ 7 653 129	\$ 8 174 287
CAPEX	\$ 12 626 755	\$ 991 972	\$ 2 640 051	\$ 2 977 650	\$ 1 688 348	\$ 936 385	\$ 867 603	\$ 948 811	\$ 1 044 085	\$ 1 139 274
EBITDA	\$ -466 841	\$ 55 018	\$ 1 321 125	\$ 2 715 314	\$ 3 438 343	\$ 3 763 854	\$ 4 043 486	\$ 4 354 523	\$ 4 703 712	\$ 5 090 658
Амортизация (например, 5 лет)	\$ 2 725 351	\$ 2 923 745	\$ 3 451 756	\$ 4 047 285	\$ 4 384 955	\$ 1 846 881	\$ 1 822 007	\$ 1 483 759	\$ 1 097 046	\$ 987 232
EBIT	\$ -3 191 192	\$ -2 868 727	\$ -2 130 631	\$ -1 331 972	\$ -946 612	\$ 1 916 973	\$ 2 221 479	\$ 2 870 764	\$ 3 606 666	\$ 4 103 426
Налоги (например, 25% от EBIT)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 479 243	\$ 555 370	\$ 717 691	\$ 901 666	\$ 1 025 857
ОCF	\$ -466 841	\$ 55 018	\$ 1 321 125	\$ 2 715 314	\$ 3 438 343	\$ 3 284 611	\$ 3 488 116	\$ 3 636 832	\$ 3 802 046	\$ 4 064 801
FCF	\$ -14 092 596	\$ -936 954	\$ -1 318 926	\$ -262 336	\$ 1 749 995	\$ 2 348 226	\$ 2 620 513	\$ 2 688 021	\$ 2 737 961	\$ 2 925 527
NPV (например, WACC 5%)	\$ -14 092 596	\$ -892 337	\$ -1 196 305	\$ -226 616	\$ 1 439 725	\$ 1 839 896	\$ 1 955 467	\$ 1 910 326	\$ 1 866 696	\$ 1 885 821
Общая NPV	(5 509 921)									

Источник: МСЭ

Примечание. – Используемые значения носят иллюстративный характер.

Составив бизнес-план (BP), важно знать, как правильно интерпретировать результаты. В этом процессе используется несколько ключевых переменных:

- сигнал NPV – NPV положительна или нет;
- маржа EBITDA – обычно показывает маржу прибыли проекта;
- совокупная стоимость владения (ТСО) – сумма капитальных затрат и операционных расходов;
- сравнение значений операционных расходов, капитальных затрат и чистой приведенной стоимости;
- можно применять и другие показатели, такие как ROI и ROIC.

Правильная интерпретация зависит от итогового соотношения между всеми переменными. Например, предположим, что при низком уровне капитальных затрат получается отрицательная чистая приведенная стоимость с отрицательной маржой EBITDA (Рисунок 18). В общем случае этот результат означает, что основная причина непривлекательности проекта связана с высоким уровнем операционных расходов. Чтобы исправить этот дисбаланс, можно устранить недостаток проекта с помощью государственной политики в отношении NPV.

Рисунок 18: Пример NPV 1 и возможная интерпретация



Еще один пример: при высоком уровне капитальных затрат получается отрицательная NPV с отрицательной маржой EBITDA (Рисунок 19). В общем случае это означает, что основная причина непривлекательности проекта заключается в высоком уровне капитальных затрат. Государственная политика в отношении NPV не поможет устранить этот недостаток, проекту потребуются субсидии, превышающие NPV.

Рисунок 19: Пример NPV 2 и возможная интерпретация



Третий пример бизнес-плана показывает положительный уровень NPV (см. иллюстрацию на Рисунке 20) при очень высоком уровне капитальных затрат и низком уровне рентабельности инвестиций (ROI). Этот бизнес-план указывает на то, что проект привлекателен, но рыночных сил, вероятно, недостаточно, чтобы восполнить дефицит инвестиций, потому что в частном секторе они зависят от рентабельности. Решением в данном случае могут стать некоторые простые стимулы, такие как налоговые льготы.

Рисунок 20: Пример NPV 3 и возможная интерпретация



В последнем примере показан наилучший сценарий (см. Рисунок 21), когда все переменные – NPV, EBITDA и ROI – положительны. Такая ситуация возникает, когда имеет место разумный уровень капитальных затрат и рыночных сил достаточно, чтобы покрыть дефицит. Такой бизнес-план можно использовать при любой государственной политике, направленной на реализацию менее привлекательных проектов.

Рисунок 21: Пример NPV 4 и возможная интерпретация



7 Механизмы финансирования для реализации проектов инфраструктуры широкополосной связи

Директивным органам, желающим обеспечить реализацию проектов инфраструктуры широкополосной связи (которые требуют огромных сумм на разработку проекта, лицензирование, развертывание сети, а также на административные и эксплуатационные расходы), следует провести углубленное изучение вариантов финансирования, предлагаемых правительством, доступности частного кредита на внутреннем рынке, а также необходимых условий, повышающих экономическую привлекательность проекта для иностранного капитала.

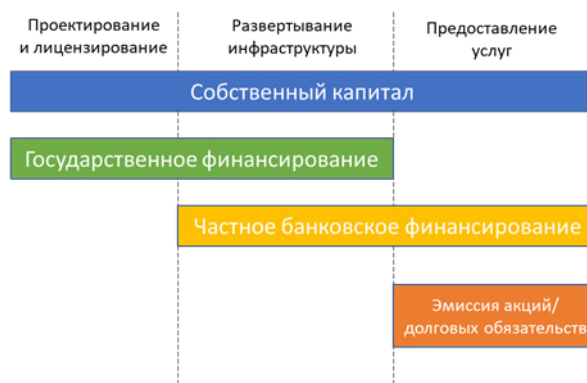
Четкое представление о доступных вариантах финансирования имеет ключевое значение для оценки потенциального успеха или неудачи государственной политики, особенно в тех случаях, когда предполагаемая NPV инфраструктурного проекта делает развертывание сети и предоставление услуг менее привлекательными в районах, которые правительство считает приоритетными в отношении инвестиций в инфраструктуру электросвязи.

Чтобы лучше понять механизмы финансирования, связанные с крупными проектами инфраструктуры широкополосной связи, и определить основных участников и необходимые условия инвестирования, полезно разделить процесс расчета стоимости типичного проекта в сфере электросвязи на три этапа:

- i) планирование проекта и лицензирование;
- ii) развертывание инфраструктуры;
- iii) предоставление услуг.

Рассмотрим механизмы финансирования типичных инфраструктурных проектов на каждом из этапов, включая использование собственного капитала, государственное и частное финансирование, а также выпуск акций и долговых обязательств.

Рисунок 22: Распределение механизмов финансирования типичных инфраструктурных проектов



Источник: МСЭ

7.1 Механизмы финансирования на этапе проектирования и лицензирования

Первый этап реализации проекта инфраструктуры широкополосной связи с точки зрения компании включает в себя всесторонние исследования рынка, бизнес-планирование, проектирование и определение размеров сети, а также получение необходимых государственных лицензий для работы, что – в зависимости от проекта – может предусматривать участие в публичных аукционах для получения дорогостоящих лицензий (например, на доступ к лицензируемому спектру и на его использование).

Этот этап, на котором не создается денежный поток и не развертывается никакая сетевая инфраструктура, обычно финансируется за счет собственного капитала или государственного финансирования из-за сложности доступа к кредиту через обычные каналы финансирования, учитывая высокий уровень риска. Потенциальный оператор, заинтересованный в предоставлении

услуг широкополосной связи в регионах, на которые нацелены инициативы государственной политики, может провести исследования рынка, чтобы принять обоснованное решение об экономической устойчивости инфраструктурного проекта, предлагаемого правительством. На самом деле правительство даже может заказать эти исследования и опубликовать результаты, чтобы стимулировать интерес и привлечь как можно больше потенциальных операторов.

Как видно по многим рынкам, приобретение лицензий на использование спектра для беспроводных широкополосных сетей обычно обходится в миллионы или даже миллиарды долларов США. Раньше оплата этих лицензионных сборов производилась за счет собственного капитала, но теперь, во избежание расходования собственного капитала, который можно направить на инвестиции в сетевую инфраструктуру, можно прибегнуть к государственному финансированию лицензионных сборов (с последующим возмещением по низким процентным ставкам в течение многих лет в процессе эксплуатации сети). Этот альтернативный подход позволяет привлечь не только крупных операторов, уже зарекомендовавших себя на национальном уровне, но и более мелкие компании, стремящиеся выйти на рынок подвижной широкополосной связи.

Наличие такого вида государственного финансирования понижает входной барьер и повышает экономическую привлекательность проектов инфраструктуры электросвязи. Кроме того, планирование единого ежегодного платежа за лицензию, охватывающего целый год работы, позволяет заинтересованным компаниям высвободить денежные средства и интенсивнее осуществлять инвестиции в развертывание сети.

Наконец, несмотря на обычно более высокую стоимость кредита на этом первом этапе финансирования, операторы, уже зарекомендовавшие себя на местном рынке услуг электросвязи и поддерживающие тесные связи с рынком частных банковских услуг, могут получить кредит по разумным процентным ставкам.

7.2 Механизмы финансирования на этапе развертывания инфраструктуры

Этап развертывания сетевой инфраструктуры в проектах широкополосной связи является более капиталоемким. По этой причине для поддержки развертывания пассивной и активной инфраструктуры во всех муниципалитетах, на которые направлена государственная политика, может использоваться комбинация механизмов финансирования.

Одним из вариантов на этом этапе, безусловно, является использование собственного капитала, но он менее распространен по сравнению с другими механизмами финансирования, хотя это может показаться странным. Как правило, это связано с более высокой стоимостью собственного капитала по сравнению с процентными ставками государственного и частного кредитного финансирования, направленного на инвестиции в инфраструктурные проекты. Например, в большинстве стран правительство предоставляет налоговые льготы для инвестиционных кредитов, что позволяет частным банкам предлагать инвестиционные кредиты по более низким процентным ставкам. И даже само правительство, стремясь стимулировать создание национальной инфраструктуры, предлагает инвестиционные кредиты через банки развития по субсидированным процентным ставкам.

По этим причинам наиболее важным механизмом финансирования, который используется для поддержки дорогостоящего этапа развертывания сети, является инвестиционный кредит, предлагаемый на рынке государственных и частных банковских услуг, хотя он, разумеется, тяготеет к долгосрочным экономически устойчивым инфраструктурным проектам. Действительно, для получения доступа к рынку частных инвестиционных кредитов обычно требуется комплексное и тщательное бизнес-планирование, доказывающее экономическую жизнеспособность финансируемого инфраструктурного проекта.

Однако многие инфраструктурные проекты, включенные в инициативы государственной политики, по самой своей природе являются экономически непривлекательными, иначе их включение привело бы к нежелательным эффектам вытеснения, то есть препятствовало бы частным инвестициям, заменяя их государственными. Для таких экономически непривлекательных инфраструктурных проектов наиболее важным предлагаемым механизмом финансирования могут оказаться государственные

субсидии. Они могут прямо или косвенно применяться к местному рынку услуг электросвязи для повышения привлекательности проектов.

Прямые субсидии могут предоставляться, например, через фонды обязательств по универсальному обслуживанию, созданные специально для содействия развитию электросвязи, или даже в виде специальных налоговых льгот участвующим в проекте операторам. Косвенные субсидии могут предоставляться путем снижения платы за лицензирование спектра в обмен на обязательство по развертыванию и предоставлению услуг в непривлекательных районах или путем перевода неоплаченных штрафов оператора в обязательства по развертыванию и предоставлению услуг широкополосной связи в непривлекательных регионах.

Наконец, некоторые операторы могут использовать свое участие в новых проектах широкополосных сетей для повышения рыночных ожиданий и таким образом получать финансирование за счет выпуска акций и долговых обязательств, но по причинам, изложенным в разделе 7.3, этот механизм чаще используется на этапе предоставления услуг.

7.3 Механизмы финансирования на этапе предоставления услуг

Заключительный и самый продолжительный этап финансирования проекта широкополосной связи начинается с началом эксплуатации сети и предоставления услуг. Он характеризуется интенсивным генерированием денежных потоков и потребностью в оборотном капитале для поддержки административных, операционных и эксплуатационных расходов, а также в постоянных инвестициях в расширение и модернизацию сети.

Поскольку на кредитных рынках оборотный капитал обычно обходится дорого, довольно распространено использование для этой цели собственного капитала. С другой стороны, альтернативные издержки при размещении капитала для поддержки денежного потока в процессе долгосрочной деятельности имеют тенденцию к быстрому росту, что делает лучшим выбором для долгосрочного финансирования другие механизмы, такие как выпуск акций или долговых обязательств.

В действительности нормальная деятельность, приносящая устойчивые и растущие доходы, может привлечь инвесторов, стремящихся получить справедливое долгосрочное вознаграждение по облигациям. Таким образом, чем стабильнее денежный поток от операционной деятельности, тем более привлекательным для компании становится получение финансирования за счет выпуска акций и долговых обязательств, поскольку экономическая устойчивость деятельности будет отражаться в более высокой оценке ее акций и в более низкой процентной ставке по облигациям.

Хотя частное банковское финансирование для поддержки оборотного капитала, необходимого на этом этапе, как правило, обходится дорого, некоторые многонациональные операторы могут получить доступ к международному кредитному рынку и получать финансирование на этапе предоставления услуг по более низким процентным ставкам. Но в большинстве случаев привлечение международного капитала для развертывания сетей широкополосной связи – сложная задача, учитывая множество связанных с этим рисков, таких как риск повышения стоимости капитала, риск недостаточного спроса и риск колебаний обменного курса.

На самом деле правительству, стремящемуся содействовать развертыванию сетей широкополосной связи в недостаточно обслуживаемых районах, возможно, будет целесообразно предложить какой-либо механизм снижения риска недостаточного спроса, например финансовые гарантии оператору по подкреплению пониженных доходов в случае естественного падения спроса или увязывание суммы ежегодного лицензионного сбора с годовой доходностью бизнеса оператора.

Риск колебаний обменного курса возникает, когда валюта, в которой было получено финансирование (будь то капитал оператора или третьей стороны), отличается от валюты, в которой оплачиваются затраты предприятия. Один из механизмов, обычно используемых правительствами для снижения этого риска, – заключение контракта на валютное хеджирование, чтобы смягчить влияние значительных колебаний обменного курса на бизнес-план оператора.

Риск повышения стоимости капитала в ходе реализации проекта связан с влиянием крупных колебаний процентной ставки в экономике на процентную ставку финансирования внутри страны. Одним из способов, которым правительство может снизить этот риск, является заключение процентных свопов, что повышает экономическую привлекательность предприятия для иностранного капитала.

8 Выводы

В данную пересмотренную версию Комплекта материалов по инфраструктуре ИКТ добавлены соображения, связанные с технологиями 5G, ставшие результатом серии учебных мероприятий Академии МСЭ в разных регионах⁴⁷. Интерес участников учебных мероприятий из всех регионов подчеркнул острую потребность в знаниях по планированию развертывания национальных сетей 5G.

По каждому из ключевых аспектов сетей 5G и любых других беспроводных или фиксированных сетей в данном Комплекте материалов по бизнес-планированию рассматриваются основанные на передовом опыте механизмы планирования; оценка затрат, спроса и доходов; а также оценка вариантов финансирования с уделением особого внимания проектам по обслуживанию экономически непривлекательных районов.

Сегодня очень важно понимать, как выбрать и количественно оценить проекты, связанные с установкой и развертыванием сетей 5G, поскольку они, как правило, являются главной движущей силой государственной политики в области электросвязи/ИКТ на ближайшие годы.

Разработка бизнес-плана, направленного на внедрение сетей ИКТ в недостаточно обслуживаемых, отдаленных и сельских районах, имеет ключевое значение для директивных органов, которым необходимо учитывать условия создания, эксплуатации, миграции и устойчивости национальной и трансграничной инфраструктуры, а также относительные затраты, связанные с установкой и развертыванием сети, и оптимальные стратегии финансирования необходимых инвестиций.

С помощью данного Комплекта материалов директивные и регуляторные органы смогут найти передовые методы точного определения степени экономической целесообразности проектов путем расчета их чистой приведенной стоимости (NPV).

Как объясняется в данном Комплекте материалов, проектировщикам сетей ИКТ, стремящимся реализовать проекты инфраструктуры широкополосной связи, которые, как правило, требуют больших капиталовложений, следует провести углубленное изучение вариантов финансирования, которые может предложить правительство, а также доступности частного кредита на внутреннем рынке, чтобы четко понимать необходимые условия, позволяющие повысить экономическую привлекательность проекта для иностранного капитала. Это особенно важно, когда расчетная NPV проекта указывает на экономическую непривлекательность развертывания сети и предоставления услуг в районах, которые правительство отнесло к приоритетным для наращивания инвестиций в инфраструктуру электросвязи.

Таким образом, все бизнес-планы проектов, поддерживаемых государственной политикой, должны следовать четырем принципам:

- 1) поддерживать создание, ведение и использование как можно большего количества открытых данных;
- 2) использовать исследования, полученные из признанных источников, заслуживающих доверия на международном уровне;
- 3) использовать проверяемые инструменты;
- 4) проявлять осторожность в оценках.

Эти рекомендации необходимо соблюдать для обеспечения достоверности и точности всего процесса бизнес-планирования.

⁴⁷ Учебные мероприятия Академии МСЭ по бизнес-планированию для развития инфраструктуры ИКТ:
 - всемирные (октябрь–ноябрь 2020 года). Учебный курс МСЭ по бизнес-планированию для развития инфраструктуры ИКТ;
 - для Европы (март–май 2021 года). Учебный курс для Европы по бизнес-планированию для развития инфраструктуры, Академия МСЭ;
 - для Африки (на английском языке) (май–июнь 2021 года). Учебный курс для Африки по бизнес-планированию для развития инфраструктуры ИКТ, Академия МСЭ;
 - для Африки (на французском языке) (октябрь–декабрь 2021 года). Учебный курс для франкоязычных африканских стран по бизнес-планированию для развития инфраструктуры ИКТ, Академия МСЭ.

Учитывая огромные пробелы в инфраструктуре ИКТ, которые сохраняются во многих странах, МСЭ будет и впредь оказывать поддержку в деле обеспечения всеобщей возможности установления соединений и вносить свой вклад в реализацию Целей ООН в области устойчивого развития (ЦУР) путем предоставления эффективных инструментов и проведения обучения в целях составления оптимальных бизнес-планов инфраструктуры для развертывания сетей, особенно в сельских и отдаленных районах.

Список сокращений

ARPU	Average revenue per user		Средний доход на одного пользователя
CAPM	Capital asset pricing model		Модель определения стоимости капитальных активов
Capex	Capital expenditure		Капитальные затраты
CPE	Customer premises equipment		Оборудование в помещении пользователя
CRP	Country risk premium		Премия за страновой риск
DWDM	Dense wavelength division multiplexing		Плотное мультиплексирование с разделением по длине волны
DSL	Digital subscriber line		Цифровая абонентская линия
EBIT	Earnings before interest and taxes		Прибыль до уплаты процентов и налогов
EBITDA	Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization		Прибыль до уплаты процентов, налогов, износа и амортизации
EMBB	Enhanced mobile broadband		Усовершенствованная подвижная широкополосная связь
FTTH	Fibre to the home		Волокно до дома
FTTO	Fibre to the office		Волокно до офиса
FWA	Fixed wireless access	ФБД	Фиксированный беспроводной доступ
4G	Fourth generation standard		Стандарт четвертого поколения
5G	Fifth generation standard		Стандарт пятого поколения
FCF	Free cash flow		Свободный денежный поток
FAC	Fully allocated cost		Полностью распределенные затраты
FWA	Fixed wireless access		Фиксированный беспроводной доступ
GDP	Gross domestic product	ВВП	Валовой внутренний продукт
GDPPC	Gross domestic product per capita		Валовой внутренний продукт (ВВП) на душу населения
HC	Home-connected		Подключенные дома
HP	Home-passed		Дома, готовые к подключению
HSPA	High speed packet access		Высокоскоростной пакетный доступ
HFC	Hybrid fibre coax		Гибридный волоконно-коаксиальный кабель
ICT	Information and communications technology	ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии

(продолжение)

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers		Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IoT	Internet of Things		Интернет вещей
IPB	ITU ICT price basket		Корзина цен на услуги ИКТ МСЭ
IMT	International Mobile Telecommunications		Международная подвижная электросвязь
IRR	Internal rate of return		Внутренняя норма прибыли
LTE	Long Term Evolution		Долгосрочное развитие
MOU	Minutes of usage		Количество минут использования
MRP	Market risk premium		Премия за рыночный риск
mMTC	massive machine type communications		Массовая межмашинная связь
M2M	Machine-to-machine		Межмашинное взаимодействие
NA	Stand-alone		Автономный
NPV	Net present value		Чистая приведенная стоимость
NSA	Non-stand alone		Неавтономный
OCF	Operating cash flow		Операционный денежный поток
Opex	Operational expenditure		Операционные расходы
ODN	Optical distribution network		Оптическая распределительная сеть
OLT	Optical line terminal		Оконечное устройство оптической линии
ONT	Optical network terminal		Оконечное оборудование оптической сети
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
PPP	Public private partnership		Государственно-частное партнерство
QAM	Quadrature amplitude modulation		Квадратурная амплитудная модуляция
RAN	Radio access network		Сеть радиодоступа
R&D	Research and development	НИОКР	Исследования и разработки
ROI	Return on investment		Рентабельность инвестиций
RPM	Revenue per minute		Доход за минуту
SDH	Synchronous digital hierarchy		Синхронная цифровая иерархия
SMP	Significant market power		Значительная доля рынка
3G	Third generation standard		Стандарт третьего поколения

(продолжение)

TCO	Total cost of operation		Общая стоимость эксплуатации
URLLC	Ultra-reliable low latency communications		Сверхнадежная связь с короткой задержкой
USF	Universal service fund	ФУО	Фонд универсального обслуживания
WACC	Weighted average cost of capital		Средневзвешенная стоимость капитала
WCDMA	Wide-band code-division multiple access		Широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов

Библиография

Berk, J., DeMarzo, P. & Stangeland, D. (2015) *Corporate Finance* (3rd Canadian ed.), Pearson Canada (Toronto) ISBN 978-0133552683, p. 64.

Blume, M. (1979) *Betas and Their Regression Tendencies: Some Further Evidence*, Journal of Finance, Volume 34 Issue 1, 265-67.

Brown, S.J & Warner, J.B. (1980) *Measuring Security Price Performance*, Journal of Financial Economics, Volume 8 Issue 3, 205-58.

Brown, S.J & Warner, J.B. (1985) *Using Daily Stock Returns: The Case of Event Studies*, Journal of Financial Economics, Volume 14 Issue 1, 3-31.

Bruner, R.F., Eades, K.M., Harris, R.S. & Higgins, R.C. (1998) *Best Practices in Estimating the Cost of Capital: Survey and Synthesis*, Financial Practice and Education, Spring/Summer, 13-28.

Cadman, R. and Dineen, C. (2008) *Price and income elasticity of demand for broadband subscriptions: A cross-sectional model of OECD countries*, SPC Network, https://spcnetwork.eu/uploads/Broadband_Price_Elasticity.pdf.

Cardona, M. et al. (2009) *Demand estimation and market definition for broadband Internet services*, Journal of Regulatory Economics, Volume 35 Issue 1, 70-95.

Cisco Systems Inc., (2017) *Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016–2021*, white paper, <https://bit.ly/2vu69MQ>.

Copeland, T.E., Koller, T., & Murrin, J. (1999) *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*, John Wiley and Sons.

Damodaran, A. (2001) *Corporate Finance: Theory and Practice*, (2nd edition) John Wiley and Sons, New York.

Damodaran, A. (1999) *The Dark Side of Valuation: Firms with No Earnings, No History and No Comparables*, NYY Working Paper n^o FIN-99-022.

Dimson, E. (1979) *Risk Measurement When Shares are Subject to Infrequent Trading*, Journal of Financial Economics, Volume 7 Issue 2, 197-226.

Ericsson (2019) *5G for business a 2030 market compass*, <https://www.ericsson.com/en/5g/5g-for-business/5g-for-business-a-2030-market-compass>.

Fildes, R. & Kumar, V (2002) *Telecommunications demand forecasting – a review*, International Journal of Forecasting, Volume 18 Issue 4, 489-522.

Garbacz, C. & Thompson, H. G. (2007) *Demand for telecommunication services in developing countries*, Telecommunications Policy, Volume 31 Issue 5, 276-289.

GSMA (2018) *Network Slicing Use Case Requirements*, <https://www.gsma.com/futurenetworks/wp-content/uploads/2018/07/Network-Slicing-Use-Case-Requirements-fixed.pdf>.

Карты широкополосной связи МСЭ (2019 год) доступны по адресу: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Pages/InteractiveTransmissionMaps.aspx>.

ITU DataHub is available at <https://datahub.itu.int/>.

Портал развития инфраструктуры МСЭ доступен по адресу: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/InfrastructurePortal.aspx>.

Ключевые данные МСЭ по ИКТ за период 2005–2018 годов доступны по адресу: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2018/ITU_Key_2005-2018_ICT_data_with%20LDCs_rev27Nov2018.xls.

Рекомендации МСЭ-Т серии G: Системы и среда передачи, цифровые системы и сети доступны по адресу: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en>.

Рекомендация МСЭ-R M.2083-0 (09/2015), Концепция ИМТ – Основы и общие задачи будущего развития ИМТ на период до 2020 года и далее. Доступна по адресу: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.2083-0-201509-I!!PDF-E.pdf.

Mitscenkov, A., Kantor, M., Casier, K., Lannoo, B., Wajda, K., Chen, J., & Wosinska, L. (2013) *Geometric versus Geographic Models for the Estimation of an FTTH Deployment*, Telecommunication Systems, Volume 54, 113–127, <https://doi.org/10.1007/S11235-013-9720-3>.

Hamada, R.S. (1972) *The Effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks*, Journal of Finance, Volume 27, 435-452.

Hausman, J. A. & Ros, A. J. (2013) *An econometric assessment of telecommunications prices and consumer surplus in Mexico using panel data*, Journal of Regulatory Economics, Volume 43 Issue 3.

Huawei (2019) *\$1.4tn of benefits in 2030: 5G's impact on industry verticals*, <https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/program/Industries-5G/5G-Impact-on-Industry-Verticals.pdf>.

Katz, Raul L. (2009) *Estimating broadband demand and its economic impact in Latin America*, proceedings of the 3rd Acorn-Redecom Conference, Mexico City.

Khan, M.Y. (1993) *Theory & Problems in Financial Management*, McGraw Hill Higher Education, ISBN 978-0-07-463683-1.

Knoll, T. M. (2012) *LTE Network Design from a Techno-Economic Perspective*, <https://bit.ly/2DcitrT>.

Landsburg, S. E. (2001) *Price Theory and Applications*, South-Western, 5th edition.

Gregory Mankiw, N. (2000) *Principles of Microeconomics*. South-Western, 2nd edition.

Salcedo, A. & Kuhlmann, F. (2016) *A model to estimate the broadband and Internet access demand for typical Mexican rural communities*, Communication Policy Research Latin America, Volume 10.

Scholes, M. & Williams, J.T. (1977) *Estimating Betas from Nonsynchronous Data*, Journal of Financial Economics, Volume 5, Issue 3, 309-27.

Paolini, M. (2012) *The economics of small cells and Wi-Fi offload*, Senza Fili Consulting.

Roberts, M. (2014) *Smartphone use transforming with the rise of 4G and WiFi*, Informa Telecoms & Media.

Sobolewski, M. & Kopczewski, T. (2017) *Estimating demand for fixed-line telecommunication bundles*, Telecommunications Policy, Volume 41 Issue 4, 227-241.

**Канцелярия Директора
Международный союз электросвязи (МСЭ)
Бюро развития электросвязи (БРЭ)**
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Эл. почта: bdtdirector@itu.int
Тел.: +41 22 730 5035/5435
Факс: +41 22 730 5484

**Департамент цифровых сетей и
цифрового общества (DNS)**

Эл. почта: bdt-dns@itu.int
Тел.: +41 22 730 5421
Факс: +41 22 730 5484

**Департамент центра цифровых
знаний (ДКН)**

Эл. почта: bdt-dkh@itu.int
Тел.: +41 22 730 5900
Факс: +41 22 730 5484

**Канцелярия заместителя Директора и региональное присутствие
Департамент координации операций на местах (DDR)**
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Эл. почта: bdtdeputydir@itu.int
Тел.: +41 22 730 5131
Факс: +41 22 730 5484

**Департамент партнерских отношений
в интересах цифрового развития (PDD)**

Эл. почта: bdt-pdd@itu.int
Тел.: +41 22 730 5447
Факс: +41 22 730 5484

Африка

Эфиопия

Региональное отделение МСЭ
Gambia Road
Leghar Ethio Telecom Bldg., 3rd floor
P.O. Box 60 005
Addis Ababa
Ethiopia

Эл. почта: itu-ro-africa@itu.int
Тел.: +251 11 551 4977
Тел.: +251 11 551 4855
Тел.: +251 11 551 8328
Факс: +251 11 551 7299

Камерун

Зональное отделение МСЭ
Immeuble CAMPOST, 3^e étage
Boulevard du 20 mai
Boîte postale 11017
Yaoundé
Cameroun

Эл. почта: itu-yaounde@itu.int
Тел.: +237 22 22 9292
Тел.: +237 22 22 9291
Факс: +237 22 22 9297

Сенегал

Зональное отделение МСЭ
8, Route du Méridien Président
Immeuble Rokhaya, 3^e étage
Boîte postale 29471
Dakar – Yoff
Senegal

Эл. почта: itu-dakar@itu.int
Тел.: +221 33 859 7010
Тел.: +221 33 859 7021
Факс: +221 33 868 6386

Зимбабве

Зональное отделение МСЭ
USAF POTRAZ Building
877 Endeavour Crescent
Mount Pleasant Business Park
Harare
Zimbabwe

Эл. почта: itu-harare@itu.int
Тел.: +263 242 369015
Тел.: +263 242 369016

Северная и Южная Америка

Бразилия

Региональное отделение МСЭ
SAUS Quadra 6 Ed. Luis Eduardo
Magalhães
Bloco E, 10^o andar, Ala Sul
(Anatel)
CEP 70070-940 Brasilia – DF
Brazil

Эл. почта: itubrasilia@itu.int
Тел.: +55 61 2312 2730-1
Тел.: +55 61 2312 2733-5
Факс: +55 61 2312 2738

Барбадос

Зональное отделение МСЭ
United Nations House
Marine Gardens
Hastings, Christ Church
P.O. Box 1047
Bridgetown
Barbados

Эл. почта: itubridgetown@itu.int
Тел.: +1 246 431 0343
Факс: +1 246 437 7403

Чили

Зональное отделение МСЭ
Merced 753, Piso 4
Santiago de Chile
Chile

Эл. почта: itusantiago@itu.int
Тел.: +56 2 632 6134/6147
Факс: +56 2 632 6154

Гондурас

Зональное отделение МСЭ
Colonia Altos de Miramontes
Calle principal, Edificio No. 1583
Frente a Santos y Cía
Apartado Postal 976
Tegucigalpa
Honduras

Эл. почта: itutegucigalpa@itu.int
Тел.: +504 2235 5470
Факс: +504 2235 5471

Арабские государства

Египет

Региональное отделение МСЭ
Smart Village, Building B 147
3rd floor
Km 28 Cairo
Alexandria Desert Road
Giza Governorate
Cairo
Egypt

Эл. почта: itu-ro-arabstates@itu.int
Тел.: +202 3537 1777
Факс: +202 3537 1888

Азиатско-Тихоокеанский регион

Таиланд

Региональное отделение МСЭ
4th floor NBTC Region 1 Building
101 Chaengwattana Road
Laksi,
Bangkok 10210,
Thailand

Mailing address:
P.O. Box 178, Laksi Post Office
Laksi, Bangkok 10210
Thailand

Эл. почта: itu-ro-asiapacific@itu.int
Тел.: +66 2 574 9326 – 8
+66 2 575 0055

Индонезия

Зональное отделение МСЭ
Sapta Pesona Building
13th floor
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110
Indonesia

Эл. почта: itu-ro-asiapacific@itu.int
Тел.: +62 21 381 3572
Тел.: +62 21 380 2322/2324
Факс: +62 21 389 5521

Индия

**Зональное отделение и
Центр инноваций МСЭ**
C-DOT Campus
Mandi Road
Chhatarpur, Mehrauli
New Delhi 110030
India

Эл. почта: itu-ro-southasia@itu.int

СНГ

**Российская Федерация
Региональное отделение МСЭ**
4, Building 1
Sergiy Radonezhsky Str.
Moscow 105120
Russian Federation

Европа

**Швейцария
Отделение для Европы МСЭ**
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Международный союз электросвязи
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

ISBN: 978-92-61-36514-1



Опубликовано в Швейцарии
Женева, 2023 г.

Фотографии представлены: Adobe Stock