

Комплект материалов по бизнес-планированию инфраструктуры ИКТ 2019



Комплект материалов по бизнес-планированию инфраструктуры ИКТ

2019

Выражение признательности

Настоящий отчет был подготовлен в рамках Международного союза электросвязи (МСЭ) экспертами МСЭ Тьягу Соза Праду, Присцилой Онорио Евангелиста и Абраан Балбину-и-Силва под руководством Бюро развития электросвязи (БРЭ) МСЭ.

ISBN

978-92-61-28894-5 (печатная версия)

978-92-61-28874-7 (электронная версия)

978-92-61-28904-1 (версия в формате EPUB)

978-92-61-28884-6 (версия в формате Mobi)



Просьба подумать об окружающей среде, прежде чем печатать этот отчет

© ITU 2019

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/>.

В условиях продолжающейся цифровизации нашего общества, основой для которой служит постоянный высокоскоростной доступ к услугам, приложениям и контенту, важнейшую роль играет наличие повсеместно распространенной, доступной по цене, современной и устойчивой инфраструктуры ИКТ.

Обеспечение широкополосным доступом в интернет необслуживаемого и обслуживаемого в недостаточной степени населения для скорейшего достижения целей ООН в области устойчивого развития является одним из основных элементов государственной политики и регулирования в области электросвязи и ИКТ во всем мире.

В конце 2018 года МСЭ сообщил, что впервые число пользователей интернета превысило половину всего населения земного шара. Цифра воодушевляющая, но нужно помнить, если к интернету подключена половина населения, то это также означает, что другая половина остается *неподключенной*.

Одной из главных причин тому является хроническая нехватка сетевой инфраструктура. Нехватка транспортных сетей и сетей доступа, а также неспособность конечных пользователей приобрести оконечные устройства и оборудование или хотя бы оплатить услуги, если они предлагаются, – все это оборачивается недостатком поставщиков услуг, желающих или по крайней мере способных предложить доступ в интернет и соответствующие услуги.

Создание надлежащих регуляторных механизмов, принятие мер по обеспечению возможности подключения и внедрение инструментов, стимулирующих развертывание инфраструктуры, особенно в сельских и отдаленных районах, являются важнейшими факторами, способствующими охвату цифровыми технологиями всего населения за счет всеобщего доступа к быстрым и надежным онлайн-технологиям и услугам.

В этом новом комплекте материалов, который адресован регуляторным и директивным органам, излагается четкая практическая методика точной экономической оценки предлагаемых планов по сооружению и развертыванию инфраструктуры широкополосной связи. Мы полагаем, что предложенные здесь экспертные рекомендации значительно упростят разработку заслуживающего доверия и согласованного бизнес-плана, который может быть адаптирован к широкому кругу проектов по развертыванию инфраструктуры широкополосной связи.

Надеюсь, что данный комплект материалов вскоре получит признание в качестве ценного руководства для регуляторных и директивных органов всех стран, предпринимающих усилия по обеспечению всеобщего доступа к широкополосным сетям и соответствующим услугам.



Дорин Богдан-Мартин
Директор Бюро развития электросвязи МСЭ

Предисловие	iii
1 Бизнес-планирование широкополосных сетей	1
1.1 Бизнес-план	4
1.2 Трудности, встречающиеся при разработке бизнес-плана	7
1.3 Бизнес-планирование как инструмент государственной политики	8
2 Оценка спроса на услуги широкополосной связи	9
2.1 Оценка спроса эконометрическими методами	11
2.2 Оценка спроса методом Дельфи	13
2.3 Сегментирование спроса	14
2.4 Оценка доли рынка потенциального нового оператора	17
3 Оценка доходов от предоставления услуг широкополосной связи	19
3.1 Оценка доходов от проектов по организации подвижной широкополосной связи	19
3.2 Оценка доходов от проектов по организации фиксированной широкополосной связи	19
3.3 Оценка доходов от проектов по развертыванию транспортных сетей	20
3.4 Динамика дохода в ходе осуществления проекта	21
4 Оценка инвестиций в широкополосные сети (CAPEX)	22
4.1 Сети подвижного широкополосного доступа	22
4.2 Сети фиксированного широкополосного доступа	28
4.3 Транспортные сети	37
5 Оценка операционных расходов (ОРЕХ) на предоставление услуг широкополосной связи	38
5.1 Использование моделей затрат для оценки ОРЕХ	38
5.2 Оценка ОРЕХ на основании затрат и расходов прошлых периодов	41
5.3 Оценка ОРЕХ путем сравнения с контрольными показателями	42
6 Оценка средневзвешенной величины стоимости капитала (WACC)	44
7 Механизмы финансирования, способствующие реализации проектов по созданию инфраструктуры широкополосной связи	51
7.1 Механизмы финансирования на этапе планирования проекта и получения лицензий	52
7.2 Механизмы финансирования на этапе развертывания инфраструктуры	53
7.3 Механизмы финансирования на этапе предоставления услуг	53
8 Выводы	54
Перечень акронимов	56
Библиография	58

Перечень таблиц, рисунков и вставок

Таблицы

Таблица 1: Сравнение уровней проникновения широкополосной связи и численности населения в пределах доступности волоконно-оптических соединений	2
Таблица 2: Примеры вопросов для вопросника по методу Дельфи	14
Таблица 3: Операционные затраты и затраты на обслуживание	40
Таблица 4: Полная величина OPEX	40
Таблица 5: Полная величина OPEX	42
Таблица 6: Полная величина OPEX	43
Таблица 7: Сравнительные преимущества и недостатки местной и глобальной моделей CAPM	46

Рисунки

Рисунок 1: Карта передачи МСЭ: наземные информационные магистрали (декабрь 2018 года)	1
Рисунок 2: Кривая регрессии (соотношение уровня проникновения широкополосной связи к ВВП на душу населения)	12
Рисунок 3: Пример сегментирования спроса на услуги подвижной широкополосной связи	16
Рисунок 4: Пример сегментирования спроса на услуги фиксированной широкополосной связи	17
Рисунок 5: Схема оценки чистого дохода	19
Рисунок 6: Неоднородная сеть LTE	23
Рисунок 7: Топология сети FTTH	29
Рисунок 8: Геометрическая модель SSL	32
Рисунок 9: Состав полной себестоимости	39
Рисунок 10: Отношение расходов к чистому доходу	39
Рисунок 11: Отношение расходов к чистому доходу за прошлые периоды	41
Рисунок 12: Отношение CAPEX/OPEX	42
Рисунок 13: Удельная величина OPEX	43
Рисунок 14: Этапы 1–4 процесса расчета NPV	49
Рисунок 15: Этапы 5–6 процесса расчета NPV	49
Рисунок 16: Распределение типичных механизмов финансирования инфраструктурных проектов	52

Вставки

Оценка доходов от проектов по организации фиксированной широкополосной связи	20
Макросоты	24
Оконечные устройства оптических линий	30
Расчет длины волоконно-оптического кабеля (на уровне разветвителей)	31
Расчет длины волоконно-оптического кабеля (для домов, готовых к подключению)	35
Использование моделей затрат для оценки OPEX	41
Оценка OPEX на основании затрат и расходов за прошлые периоды	43
Оценка WACC по глобальной модели CAPM	47
Расчет чистой приведенной стоимости (NPV)	51

1 Бизнес-планирование широкополосных сетей

Введение

Развитие и развертывание широкополосных сетей требуют громадных инвестиций. Учитывая широкое разнообразие физико-экономических условий, в которых приходится работать поставщикам услуг, в значительной части эти инвестиции разного целевого назначения (от научных исследований и разработок до закупки специализированного оборудования, способного работать в экстремальных условиях окружающей среды) направлены на создание возможностей для развертывания и успешной эксплуатации сетевой инфраструктуры ИКТ в различных странах мира.

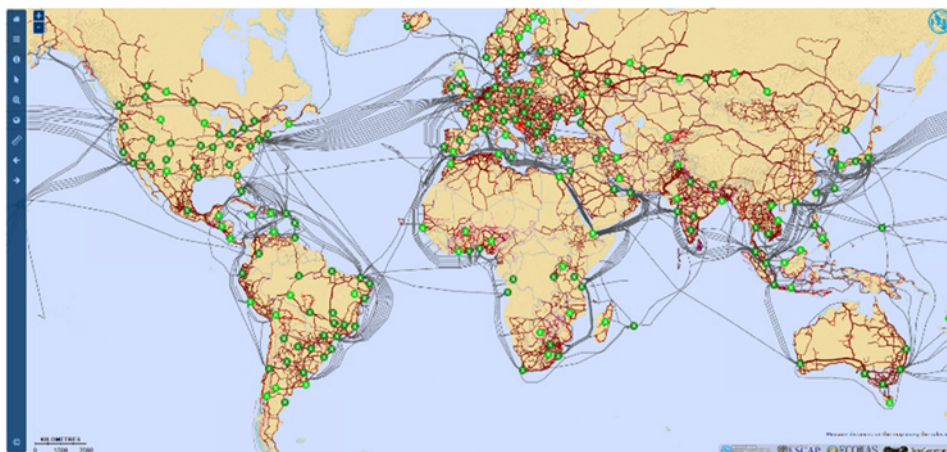
В экономически привлекательных районах, таких как крупные города, внедрение инфраструктуры происходит почти естественным образом, поскольку силы рынка направляются на удовлетворение спроса. Однако в сельских и отдаленных районах, где экономические, географические и/или демографические барьеры ограничивают доступ к инфраструктуре широкополосных сетей, картина может быть совсем иной, и большое число людей могут оставаться изолированными от цифрового мира.

Регуляторные и директивные органы ищут механизмы расширения широкополосных сетей на основе различных стратегий, таких как использование государственных средств, учреждение фондов универсального обслуживания, создание государственно-частных партнерств, снижение начальной цены радиочастотного спектра и применение других механизмов субсидирования. Как правило, такие инициативы направлены на сооружение сетей и обеспечение доступа к сетям в районах, считающихся экономически малопривлекательными, в которых рынок сам по себе неспособен обеспечить предложение услуг без каких-либо субсидий, стимулирующих инвестиции.

Цифровой разрыв

Несмотря на наличие технологий, обеспечивающих возможность оказания услуг в отдаленных и изолированных районах, а также разработку новых технологий, специально предназначенных для этих нужд, подключение к интернету второй половины мирового населения остается сложнейшей задачей, связанной с рядом фундаментальных трудностей. Интерактивная карта передачи МСЭ¹ 2018 года наглядно показывает хроническую нехватку высокоскоростных магистральных сетей в значительной части мира.

Рисунок 1: Карта передачи МСЭ: наземные информационные магистрали² (декабрь 2018 года)



Источник: МСЭ

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

¹ Карта МСЭ с изображением инфраструктуры ИКТ, необходимой для достижения Целей в области устойчивого развития, размещена по адресу <https://www.itu.int/itu-d/tnd-map-public>.

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

Таблица 1: Сравнение уровней проникновения широкополосной связи и численности населения в пределах доступности волоконно-оптических соединений

	Африка	Араб. гос-ва	Азиат.-Тихоок. регион	СНГ	Европа	Северная и Южная Америка	Весь мир
Численность пользователей интернета	24,4%	54,7%	47,0%	71,3%	79,6%	69,6%	51,2%
Численность абонентов фиксированной широкополосной связи	0,6%	5,1%	13,6%	19,0%	31,3%	20,6%	14,1%
Численность активных абонентов подвижной широкополосной связи	29,7%	62,7%	68,3%	79,2%	93,6%	97,1%	69,3%
Численность населения в радиусе 10 км от волоконно-оптического узла	23,6%	23,3%	20,0%	35,1%	58,1%	40,6%	27,2%
Численность населения в радиусе 25 км от волоконно-оптического узла	47,5%	53,8%	47,2%	65,9%	87,5%	75,1%	55,4%
Численность населения в радиусе 50 км от волоконно-оптического узла	68,6%	78,3%	70,3%	82,9%	96,9%	90,1%	75,9%

Источник: Основные данные МСЭ в области ИКТ за 2005–2018 годы.

https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/statistics/2018/ITU_Key_2005-2018_ICT_data_with%20LDCs_rev27Nov2018.xls

На основании этой постоянно уточняемой карты мировых сетей передачи данных МСЭ подсчитал, что из всей численности населения планеты, которая оценивается в 7,5 млрд. человек³, 2,0 млрд. (27,2%) проживают в радиусе 10 км от места нахождения действующего волоконно-оптического узла, 4,2 млрд. (55,4%) – в радиусе 25 км, 5,7 млрд. (75,9%) – в радиусе 50 км и 6,8 млрд. (90,5%) – в радиусе 100 км. Для сравнения, 5,5 млрд. человек проживают за пределами 10-километрового радиуса, 3,3 млрд. – за пределами 25-километрового радиуса, 1,8 млрд. – за пределами 50-километрового радиуса и 710 млн. – за пределами 100-километрового радиуса от места нахождения действующего волоконно-оптического узла.

Государственная политика в отношении доступа к широкополосным сетям не должна ограничиваться выявлением пробелов в инфраструктуре и установлением обязательств по предоставлению услуг: прежде всего она должна быть направлена на совершенствование способа изыскания возможных источников финансирования и выработку более действенных стратегий стимулирования предоставления услуг.

Хотя этот вопрос активно обсуждался, в том числе по нему было проведено много исследований, и были предложены ориентиры и рекомендации по выработке новой государственной политики с использованием методов анализа, направленной на содействие развитию широкополосных сетей, оптимальная стратегия всегда предполагает глубокое понимание специфики каждого проекта. Например, как лучше предоставлять услуги широкополосной связи населению в конкретном сельском районе – через спутник или с использованием наземной инфраструктуры? Или как определить экономическую целесообразность развертывания магистральной волоконно-оптической линии связи в том или ином городе?

Таким образом, существует четкая потребность в выработке, количественном описании и объективном сравнении различных инфраструктурных проектов для оценки данной государственной политики на основании надежных технических параметров. Но регуляторные и директивные органы многих стран зачастую не осведомлены о конкретных методиках выполнения этой задачи, а вместо этого полагаются в своих оценках не на самые эффективные механизмы, что в конечном счете оборачивается недооценкой или, в отдельных случаях, переоценкой объема инфраструктуры, подлежащей сооружению в конкретном районе.

³ По состоянию на ноябрь 2018 года.

Бизнес-планирование сооружения и развертывания инфраструктуры широкополосной связи

В настоящем комплекте материалов, адресованном регуляторным и директивным органам, излагается методика точной экономической оценки предлагаемых проектов по инфраструктуре широкополосной связи. Он призван служить практическим инструментом, содействующим всесторонней оценке планов по сооружению и развертыванию инфраструктуры.

Данный комплект материалов содержит набор теоретических принципов, а также практические указания по оценке чистой приведенной стоимости [экономического эффекта от реализации проекта]. В частности, в нем рассматриваются механизмы определения спроса на проект, операционные затраты и затраты на обслуживание по нему, итоговый доход, требуемый объем инвестиций и способы определения всех необходимых капитальных затрат.

Экономические понятия и понятия бухгалтерского учета, которыми оперирует приведенная здесь методика, общеприняты и широко описаны, поэтому подробное их обсуждение не предполагается. Эти понятия положены в основу практического руководства по разработке стратегии сооружения инфраструктуры широкополосной связи и оценке бизнес-планов потенциальных операторов, для чего требуются ответы на ряд следующих вопросов. Какие типы данных следует использовать? Как оценивать такие параметры, как спрос, инвестиции и операционные затраты? Как оценивать стоимость капитала для различных элементов проекта?

В целях более конкретного разъяснения материала даются примеры характерных проектов, таких как проекты сооружения магистральных волоконно-оптических линий связи, широкополосных беспроводных сетей LTE (долгосрочное развитие) 4G и сетей доступа на основе волоконных линий до жилого помещения (FTTH).

Для ясности данный комплект материалов разбит на следующие разделы.

- 1) Принципы бизнес-планирования широкополосных сетей.
- 2) Оценка спроса на услуги широкополосной связи.
- 3) Оценка дохода от предоставления услуг широкополосной связи.
- 4) Оценка требуемых инвестиций в широкополосные сети – капитальных затрат (CAPEX).
- 5) Оценка операционных расходов (ОРЕХ) на предоставление услуг широкополосной связи.
- 6) Оценка средневзвешенной стоимости капитала (WACC).
- 7) Оценка чистой приведенной стоимости (NPV) проектов по созданию инфраструктуры широкополосной связи.
- 8) Механизмы финансирования.

В первом разделе излагаются теоретические принципы и методика оценки чистой приведенной стоимости проекта. Это дается как основа для составления любого бизнес-плана по предоставлению услуг широкополосной связи. В этом разделе также обосновывается возможность применения данной методики регуляторными и директивными органами для экономической оценки различных типов проектов по инфраструктуре широкополосной связи.

Во втором разделе обсуждаются модели и методы оценки спроса на услуги широкополосной связи, а также типы исходных данных, которые можно использовать для этой цели. Рассматриваются, в частности, следующие вопросы: как директивные органы могут оценить спрос на ту или иную услугу? Как он может измениться со временем? Как можно было бы удовлетворить этот спрос в существующей конкурентной среде?

В третьем разделе рассматривается оценка дохода от реализации рассматриваемого проекта. Этот параметр имеет основополагающее значение, поскольку от него зависит, как реализуется введение факторов производства в инфраструктурном проекте. Приводятся примеры того, как можно оценить доход, как привести его в соответствие с оценочным спросом и как доход может меняться со временем.

Четвертый раздел посвящен моделированию капитальных расходов. Этот параметр имеет важнейшее значение для всей экосистемы, и именно в зависимости от него моделируется инфраструктура для рассматриваемого проекта: рассматриваются типы оборудования, теоретические основы и практические рекомендации по модельным инвестициям во временной развертке для различных типов проектов.

В пятом разделе обсуждаются операционные (эксплуатационные) расходы. Какие параметры значимы при моделировании широкополосной сети? Где получают эту информацию? Каким может быть наилучший подход регуляторных и директивных органов к моделированию операционных затрат по проекту?

Тема шестого раздела – средневзвешенная стоимость капитала, которая представляет собой ставку дисконтирования по анализируемому проекту. Каков смысл этой величины? Чем она так важна? Как можно ее оценить в отсутствие конкретных данных? В этом разделе даются практические ориентиры для расчета данного сложного параметра.

Седьмой раздел комплекта материалов носит сводный характер и содержит указания по интеграции всех параметров в единый инструмент для оценки чистой приведенной стоимости проекта.

В восьмом и последнем разделе обсуждаются механизмы финансирования и рассматриваются различные жизнеспособные альтернативы, которые могут быть воплощены в государственной политике в области широкополосной связи.

Настоящий комплект материалов послужит ценным практическим руководством для регуляторных и директивных органов всех стран, стремящихся к более широкому развертыванию широкополосных сетей и доступа. Кроме того, операторы сетей ИКТ будут использовать собственные инструменты оценки проектов в целях удовлетворения конкретных потребностей своего руководства и акционеров, но этот комплект будет играть роль понятного для всех базового руководства по разработке заслуживающего доверия и согласованного бизнес-плана, который может быть адаптирован к широкому кругу проектов по развертыванию инфраструктуры широкополосной связи.

1.1 Бизнес-план

Бизнес-план – это инструмент планирования, в котором представлены в упорядоченном виде основные параметры, характеризующие учреждение и функционирование коммерческого предприятия. Не существует какой-то единой, конкретной, жестко заданной структуры для составления бизнес-плана. Однако в хорошем бизнес-плане должен быть отражен некоторый минимальный набор аспектов, которые необходимо проанализировать, чтобы разобраться в деятельности, о которой идет речь.

Цели, которыми следует руководствоваться при реализации бизнес-плана по сооружению и развертыванию широкополосной инфраструктуры, должны содержать точную оценку ключевых параметров, характеризующих деятельность. Следовательно, за исключением таких элементов, как шкала налогообложения, которые определяются нормативными актами каждой отдельной страны, можно и должно исследовать такие параметры, как спрос, доход, инвестиции, расходы и стоимость капитала, оценив их таким способом, чтобы конечный результат отражал стоимость рассматриваемого проекта.

Кроме того, не следует пренебрегать анализом конкурентной среды, в которой будет осуществляться деятельность, поскольку это существенно повлияет на оценки спроса на проект и дохода от его реализации.

Чаще всего экономическая стоимость актива в области электросвязи оценивается с точки зрения денежного потока. В рамках этого подхода цена актива (например, радиочастот) должна быть пропорциональна экономическому эффекту, который получит предприятие от использования этого актива в течение заданного периода времени.

Расчет чистой приведенной стоимости (NPV) методом свободного денежного потока (FCF) – одна из методик, применяемых для оценки конкретных компаний и проектов. Этот подход широко используют инвестиционные банки, консалтинговые фирмы и предприниматели, желающие рассчитать стоимость организации или ее бизнеса по одному из направлений деятельности для внутренних целей, инвестиционного анализа или подготовки сделок по слиянию или поглощению.

В рамках этого подхода стоимость конкретного бизнеса определяется дисконтированным денежным потоком по ставке, отражающей риск, связанный с данной инвестицией. В основании модели NPV лежат три общих принципа формулировки критерия оптимального инвестиционного решения:

- i) оценка инвестиции производится на основании операционных денежных потоков;
- ii) риск учитывается в экономической оценке инвестиции, при этом принимаются во внимание предпочтения инвестора в отношении *альтернативы риск–доходность*;

- iii) в результирующем расчете определяется приведенная стоимость активов исходя из ставки дисконтирования, обеспечивающей надлежащее вознаграждение собственникам капитала.

На основе этой аналитической модели регуляторные органы могут использовать стандартный набор финансовых инструментов для расчета стоимости любого проекта в заданных рыночных условиях.

Чистая приведенная стоимость, рассчитанная методом дисконтированных денежных потоков, отражает сумму, которую получит компания в результате реализации данного проекта сверх стоимости сделанных инвестиций и которая уже предусматривает надлежащее вознаграждение по определенной норме рентабельности в размере альтернативной стоимости капитала. Другими словами, это прибыль, которую мог бы получить предприниматель, дисконтированная на альтернативные издержки и соответствующий процент прибыли, который он мог бы получить, направив свой капитал на иные цели⁴.

При расчете NPV учитываются оценки всех доходов и расходов за каждый год деятельности на протяжении всего проекта, а также общая сумма инвестиций, необходимых для того, чтобы реализовать рассматриваемую услугу.

Формула для расчета имеет следующий вид:

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

где:

NPV – чистая приведенная стоимость;

FCF_t – свободный денежный поток за период t ;

r – ставка дисконтирования (WACC);

t – число временных периодов.

Общая модельная формула для расчета свободного денежного потока за определенный период времени имеет следующий вид:

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

и

$$EBIT^5 = \text{доход} - OPEX,$$

где:

De – износ;

Am – амортизация;

$tax\ rate$ – применимые ставки налогообложения;

$CAPEX$ – капитальные расходы;

$OPEX$ – операционные расходы.

Ниже кратко поясняется, что означает каждый из этих параметров, а в последующих разделах подробно излагается практическая методика их оценки.

⁴ Существуют и другие методики оценки компаний и бизнеса, представляющие интерес с точки зрения финансов. Например, для оценки проектов компании используют еще такие показатели, как окупаемость, внутренняя норма рентабельности (IRR) или рентабельность инвестиций (ROI). В контексте настоящего комплекта материалов, который задуман как практическое руководство для регуляторных и директивных органов, важно уяснить эту методику как теоретическую основу, достаточную для сравнения проектов по инфраструктуре широкополосной связи.

⁵ EBIT – показатель прибыли до вычета процентов и налогов.

Спрос

Параметр *спрос* играет особо важную роль в любом бизнес-плане, поскольку он задает размеры рынка для предлагаемой деятельности. Определение других параметров, таких как инвестиции, доходы и расходы, неразрывно связано с прогнозированием спроса.

Здесь важно подчеркнуть, что оценка динамики спроса производится в пределах ограниченного периода времени, каковым для целей настоящего рассмотрения является проектный период. Таким образом регуляторному органу требуется иметь детальное представление не только о компании, в рамках которой планируется предлагать рассматриваемую услугу, но и о круге потенциальных пользователей этой услуги и о том, как этот круг может измениться с течением времени.

Поэтому, чтобы построить точную модель для прогнозирования спроса, понадобятся статистические данные о доходах, платежеспособности и социально-экономических характеристиках целевой аудитории компании. Это исходные данные, которыми пользуются все, кто желает оценить потенциал той или иной компании. Не стоит и говорить, что чем точнее модель, тем надежнее будет итоговая оценка.

Доходы

При оценке потенциальных доходов от деятельности чрезвычайно важно четко представлять себе текущие условия предоставления услуги. Для сколько-нибудь точного анализа обязательно сравнение с другими рынками, а также учет существования замещающих продуктов (то есть продуктов, непосредственно конкурирующих с продуктами предлагаемой компании).

В итоговой оценке дохода должен учитываться весь портфель продуктов, таких как услуги передачи данных, голосовая связь и т. д. Здесь для построения внутренне согласованной модели важно знать динамику среднего дохода на одного пользователя (ARPU) за прошедшие периоды, особенно если в рамках проекта предлагается услуга, которая уже предоставляется на рынке. Анализ должен также учитывать социально-экономические характеристики рассматриваемой территории, поэтому желательно изучить ранее выполненные демографические исследования, касающиеся вопросов платежеспособности.

Операционные расходы (ОРЕХ)

Этот параметр отражает все операционные расходы моделируемого бизнеса, для которых применяется собирательное обозначение ОРЕХ. Регуляторным органам рассчитать этот параметр затруднительно из-за отсутствия, как правило, необходимых для его оценки подробных данных в общем доступе.

В отсутствие данных регуляторным органам потребуются провести специальные исследования моделируемого бизнеса и составить перечень основных технологий, на базе которых может быть реализована предлагаемая инфраструктура, а также проанализировать балансовые отчеты компаний, предоставляющих аналогичные услуги, например операторов подвижной связи, работающих в других полосах частот.

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

Еще один важный аспект рассмотрения – динамика расходов на протяжении срока действия лицензии. Поскольку предлагаемый бизнес, теоретически, еще не функционирует, в качестве объекта исследования выступает новый поставщик услуг, спрос на услуги которого поначалу мал, а с годами растет. Из-за этого динамика кривой расходов будет повторять динамику оценки спроса.

Однако динамика таких факторов, как маркетинговые расходы, обычно соответствует кривой инвестиций ввиду того, что они связаны с присутствием данного бизнеса в конкретном месте.

Инвестиции (CAPEX)

Инвестиции представляют собой один из основных элементов бизнес-плана любого проекта. Этот параметр, известный под общепринятым названием "капитальные расходы" (CAPEX), по существу отражает инвестиции во всю сетевую и системную инфраструктуру, необходимую для предоставления услуг. Таким образом регуляторному органу важно обладать техническими знаниями, достаточными для получения коммерческих предложений от поставщиков соответствующих технологий и оборудования, чтобы на

основе этих предложений смоделировать сооружение гипотетической сети, способной удовлетворить оценочный спрос, заявленный в бизнес-плане.

Наконец, для целей моделирования следует учитывать, что предлагаемая инфраструктура должна удовлетворять оценочный спрос в динамике, поэтому необходимо рассмотреть такие аспекты, как реинвестирование и технологическое замещение.

1.2 Трудности, встречающиеся при разработке бизнес-плана

Ключевой вопрос для регуляторных и директивных органов при составлении плана оценки проекта по изложенной здесь методике состоит в том, как оценивать каждый из перечисленных выше параметров. Такие факторы, как информационная асимметрия и неопределенность будущего конкретного бизнеса, делают проведение исследования для точной оценки этих параметров нелегкой задачей.

Количество задействованных параметров наряду с их изменчивостью во времени может чрезвычайно затруднить моделирование, а точная оценка затрат по проекту может стать неподъемной задачей без обеспечения прочной методологической основы и достаточного объема дезагрегированных данных.

Поскольку регуляторным и директивным органам эти параметры и данные обычно бывают известны лишь частично, стандартный подход заключается в том, чтобы приблизительно оценить каждый из параметров, используя надежные статистические и/или эконометрические методы прогнозирования.

Отсюда возникает принципиальный вопрос: насколько можно доверять исследованию на основе прогнозов, направленному на определение практической осуществимости той или иной государственной политики? Ответ состоит в том, что агент – исполнитель этой политики для получения собственных оценок будет, как правило, использовать ту же методику, поэтому есть подходы, позволяющие согласовать эти вопросы. Чтобы уменьшить информационную асимметрию между регуляторным органом и частным сектором, можно использовать три стратегии:

- i) сравнение известных регуляторному органу учетных показателей компании (например, ARPU, MOU, RPM) с ее основной бухгалтерской отчетностью или соответствующая перекрестная проверка;
- ii) использование документов открытых торгов, поскольку регуляторный орган может определить ориентировочную цену, а окончательная цена, ставшая известной, после размещения заявки может продемонстрировать наличие информационной асимметрии;
- iii) публикация проекта (например, в форме вынесения на общественное обсуждение), что позволяет всем гражданам внести свой вклад в модель на основе прогнозов, предложенную государственным органом.

Задача регуляторного органа – произвести обстоятельную, методичную оценку, чтобы устранить возможную асимметрию между предпосылками исследования, на результатах которого основывается бизнес-план проекта.

Еще один принципиальный момент – это необходимость обеспечения *подконтрольности*. Регуляторные и директивные органы подвергаются постоянному контролю со стороны различных органов власти, потребительских организаций и СМИ. В целях обеспечения прозрачности и подконтрольности каждый план должен сопровождаться открытыми данными и достаточно надежными теоретическими моделями, с тем чтобы избежать критики или нападков по поводу произвольного, как может кому-то показаться, принятия сомнительных значений для параметров, задаваемых по усмотрению составителя модели.

Есть разница между частными агентами, которые знают собственные затраты, плановые уровни доходов и проекты, и государственным агентом. При разработке плана частный агент имеет полную информацию о соответствующих параметрах и может (но не обязательно) использовать их в своем общении с акционерными без необходимости гарантировать определенный уровень надежности или подконтрольности для некоторых из этих параметров.

Государственный же агент, оценивающий денежный поток для конкретной деятельности, не только подвержен информационной асимметрии в части наличия данных для оценки проекта, но и обязан быть нейтральным и в достаточной степени подконтрольным, чтобы гарантировать требуемые в рамках соответствующего процесса уровни надежности и прозрачности.

Кроме того, в зависимости от институционального устройства и нормативно-правовой базы конкретной страны, зачастую существует требование представления государственной политики надзорным органам, таким как счетные суды или внешние аудиторы, а в некоторых случаях и судебная система для ее оценки и аудита. В такой ситуации от разработанных регуляторным/директивным органом бизнес-планов требуется достаточная надежность не только для того, чтобы пройти утверждение, но и для того, чтобы служить будущими социально-правовыми ориентирами.

Отсюда следуют некоторые важные рекомендации. Регуляторному/директивному органу, проводящему исследование, необходимо:

- **в максимально возможной степени использовать открытые данные.** Использование открытых данных обеспечивает прозрачность, позволяя без труда разобраться в оценках и проследить, откуда они берутся;
- **основывать свои исследования на признанных источниках.** В основе каждого бизнес-плана лежат те или иные источники. Но принципиальное значение имеет авторитетность этих источников. Информация, данные и методы анализа, почерпнутые у международных организаций или органов или известных авторов, придадут плану большую надежность;
- **применять подконтрольные инструменты.** Система взаимосвязей между всеми параметрами бизнес-плана весьма велика, поэтому крайне важна подконтрольность процесса разработки модели, обеспечивающая возможность исправления недочетов. Небольшая ошибка, оставшись незамеченной, может привести к оценке экономически жизнеспособного проекта как неосуществимого, и наоборот;
- **быть консервативным в оценках.** Каждый бизнес-план характеризуется некоторой степенью неопределенности. Независимо от того, связано ли это с информационной асимметрией или большим количеством прогнозов на будущее, заложенным в план по необходимости, сценарии, предполагающие некоторый диапазон возможных результатов, довольно распространены. Исходя из этого благоразумно делать консервативные оценки с определенным запасом, чтобы возможные ошибки не подрывали проект в его основе.

1.3 Бизнес-планирование как инструмент государственной политики

Когда экономическая отдача от реализации проекта положительная (то есть $NPV > 0$), разумно ожидать, что на каком-то этапе он будет выполняться без необходимости вмешательства со стороны государства (например, в виде субсидирования). Традиционно регуляторные и директивные органы оценивают потребность в государственном стимулировании развертывания сетей и предоставления услуг в данном необслуживаемом регионе как задачу максимизации общественного благосостояния. В основе такой оценки лежит предпосылка экономического регулирования, состоящая в том, что регуляторному или директивному органу следует стимулировать предоставление услуг в условиях нулевой экономической отдачи. Это означает, что компания, инвестировавшая свой капитал, должна получить справедливое вознаграждение в размере среднерыночной стоимости капитала. На этом этапе предоставление услуг будет способствовать максимизации общественного благосостояния.

Для такой максимизации обычно используют две стратегии – стимулирование конкуренции и регулирование ценообразования. На конкурентных рынках цены естественным образом стремятся к экономически эффективному уровню. Когда же конкуренция отсутствует, нередко требуется некоторое регуляторное вмешательство в ценообразование, чтобы попытаться воспроизвести те результаты, которые наблюдались бы в конкурентной среде.

С другой стороны, проекты с отрицательной экономической отдачей изначально экономически нежизнеспособны, и степень их нежизнеспособности обычно определяет потребность в принятии мер государственной политики и масштаб таких мер, в том случае если директивные органы находят такой проект необходимым.

Частные агенты, как правило, выбирают свои проекты исходя из прогнозируемой экономической отдачи. Они определяют приоритетность проектов стратегически по итогам анализа предложенных бизнес-планов и обычно не реализуют проекты с отрицательным значением NPV , поскольку такие проекты в целом убыточны для бизнеса. Таким образом проекты с отрицательной NPV чаще всего оказываются нереализованными, и географические районы, для которых они предназначаются, такие как сельские и изолированные районы, остаются без внимания из-за экономической нежизнеспособности и нерентабельности таких проектов.

Именно в этом контексте настоящий комплект материалов призван помочь регуляторным и директивным органам определить общую ценность для общества проектов, которые не характеризуются непосредственной экономической привлекательностью. Поскольку государственная политика является ни чем иным, как программой того, что решает делать (или не делать) общественность, решение об оценке жизнеспособности проекта по инфраструктуре широкополосной связи, который сам по себе нерентабелен, означает, что он уже считается проектом, представляющим общественный интерес. Следовательно, решающее значение приобретает вопрос о *степени* нежизнеспособности проекта, поскольку от ответа на него может зависеть последующая реализация проекта.

И здесь многие регуляторные и директивные органы подвержены заблуждениям технического характера, которые необходимо развеять. В частности, распространено убеждение, что экономическую целесообразность инвестиций в данный проект следует оценивать только на основании оценки капитальных затрат (CAPEX) по проекту. Например, если можно обеспечить охват данной территории доступом к инфраструктуре беспроводной связи LTE 4G при капитальных затратах в размере 10 млн. долл. США, часто считают, что именно такую сумму и должен выделить тот, кто осуществляет финансирование этой политики. Но с финансовой точки зрения это серьезная основная ошибка, потому что:

- i) учитывается всего один параметр бизнеса, а другие ключевые соображения упускаются;
- ii) бизнес не рассматривается в динамике.

Для достоверной и точной оценки экономической целесообразности какой-либо инвестиции необходимо рассмотреть все параметры проекта. Например, проект может быть экономически нежизнеспособным не только из-за высоких капитальных затрат, но и из-за недостаточности прогнозируемых доходов для того, чтобы окупить все понесенные затраты. Или, наоборот, доходы прогнозируются обильные, но сумма текущих затрат на операционную деятельность и обслуживание делает проект экономически нежизнеспособным.

С учетом этого лучшим механизмом для определения степени экономической нежизнеспособности проекта является анализ его NPV, поскольку это позволяет точно измерить все параметры бизнеса в динамике и определить размер отрицательной экономической отдачи, что дает регуляторным органам всестороннее представление о причинах экономической нежизнеспособности.

Для точной оценки проекта государственной политики в области создания инфраструктуры широкополосной связи необходимо составить бизнес-план на период времени, достаточный для развития бизнеса и оценки его функционирования в динамике.

В последующих разделах данного комплекта материалов подробно рассматривается каждый из параметров бизнеса.

2 Оценка спроса на услуги широкополосной связи

Ключевой элемент любого бизнес-плана – оценка спроса на предлагаемые услуги. Если директивный орган не пользуется надежными инструментами оценки спроса, есть риск, что разработанная им государственная политика не будет обеспечивать удовлетворение реальных нужд населения. Например, правительство может решить инвестировать средства в оптическую транспортную сеть в границах конкретного муниципалитета, реагируя на возросший, по его мнению, спрос на сети сверхширокополосного доступа. Однако в связи с социально-экономической обстановкой в этом муниципалитете реальный спрос может оказаться недостаточным для того, чтобы оправдать развертывание волоконно-оптической транспортной сети. Если бы спрос был оценен точнее, директивный орган выбрал бы другой проект, лучше отражающий нужды муниципалитета.

Залог правильной оценки спроса – понимание его движущих факторов. Как правило, методы оценки спроса обеспечивают точность в рамках краткосрочного бизнес-планирования. Оценить спрос в долгосрочной перспективе труднее из-за действия множества непредвиденных факторов, которые неизбежно влияют на спрос во временной перспективе, особенно в стремительно меняющемся секторе электросвязи. Например, при оценке спроса может быть не учтено внезапное появление в будущем услуг, связанных с возникновением новых технологий. Экономический спад, политическая нестабильность и различного рода финансовые проблемы также воздействуют на спрос. Чтобы прогнозировать спрос в долгосрочной

перспективе, директивные органы должны учитывать социальную, политическую и экономическую историю своих стран, а также обладать глубоким пониманием движущих факторов спроса. Эти знания играют порой ключевую роль в решении вопроса о том, перспективен предлагаемый проект или же он обречен на провал.

Разумеется, сама по себе точная оценка спроса неспособна гарантировать успех проекта. Но без нее решения об инвестициях, операционных затратах, доходах и распределении прочих ресурсов могут основываться на неявных безотчетных предположениях, которые на деле нередко оказываются ошибочными. Стремление к точной оценке рыночного спроса повышает вероятность правильной оценки основных факторов, влияющих на проект. Кроме того, когда директивные органы берутся за оценку спроса, это побуждает их лишней раз вдумчиво проанализировать рыночную среду, в условиях которой будет осуществляться государственная политика, и повышает вероятность того, что государственная политика будет обеспечивать наилучшее удовлетворение нужд растущего населения.

Для оценки спроса существует ряд методов. К числу широко используемых методов оценки потенциального спроса на какую-либо услугу относятся эконометрические методы, опросы, экспериментальные тесты и метод оценки по данным за прошлые периоды.

На стабильных рынках спрос обычно можно оценить, применяя эконометрические модели, ориентированные на оценку ценовой эластичности. Стабильным рынком применительно к конкретной услуге электросвязи можно считать такой рынок, на котором эта услуга предлагается уже в течение многих лет.

Оценке спроса на услуги фиксированной и подвижной электросвязи посвящено множество научных публикаций. Как правило, в них оценивается совокупный спрос на услугу по моделям на основе временных рядов или перекрестных рядов. Основными факторами, используемыми для оценки спроса, являются:

- цена;
- уровень доходов;
- паритет покупательной способности;
- плотность электросвязи;
- демографический состав домохозяйств.

Оценка спроса на доступ к услугам и пользование ими в большинстве случаев производится на основании таких факторов спроса, как цена и уровень доходов. Модель спроса такого типа можно использовать для разных стран, при условии что используются независимые переменные данные по соответствующей стране. Оценка ценовой эластичности будет, вероятно, зависеть от уровня доходов, структуры торговли и различных аспектов культуры страны, о которой идет речь. По этой причине оценка ценовой эластичности всегда осуществляется применительно к конкретной стране.

Базы данных со страновыми профилями, показателями развития мировой экономики, а также оценками ВВП, паритета покупательной способности и численности населения можно найти на веб-сайте каталога открытых данных Всемирного банка⁶. Показатели и статистические данные, касающиеся информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), можно найти на портале МСЭ "Око ИКТ"⁷. База данных "Око ИКТ" – это централизованное хранилище показателей и статистических данных, сведений регуляторного и директивного характера, а также информации о национальной тарифной политике и практике ценообразования разных стран в области электросвязи и ИКТ. МСЭ также проводит технические, экономические, политические и регуляторные исследования и осуществляет сбор данных по динамике развития и совместного использования инфраструктуры в мире. Эта информация представлена на портале развития инфраструктуры МСЭ⁸.

Сложнее оценивать спрос на новые услуги, которые связаны с новыми видами использования и предусматривают применение новых технологий и оборудования. Хотя между прогнозированием спроса на новую услугу в области электросвязи и в какой-либо иной области нет принципиальных отличий, трудности, с которыми связано прогнозирование в отношении неисследованного рынка, отпугивают большинство ученых-теоретиков.

⁶ Каталог открытых данных Всемирного банка размещен по адресу <https://data.worldbank.org/data-catalog>.

⁷ Портал МСЭ "Око ИКТ" размещен по адресу <http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/Default.aspx>.

⁸ Портал развития инфраструктуры МСЭ размещен по адресу <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/InfrastructurePortal.aspx>.

Применительно к новым услугам – как до, так и после их выхода на рынок – приходится решать две ключевые задачи прогнозирования: оценка рыночного потенциала различных поколений услуги, а также имеющая не менее важное значение оценка динамики ее распространения, то есть темпов и сроков освоения потребителями нового продукта, от чего, в свою очередь, зависят объемы продаж по периодам⁹. Для многих применений необходимо будет также определить показатель использования новых технологий. Пока новая услуга еще не выведена на рынок, ключевыми факторами успеха являются рыночный потенциал и новые участники рынка, но с течением времени на первый план выходят коэффициент оттока (описывающий изменения в поведении потребителей, связанные с переходом на другие технологии и уходом к конкурентам), коэффициент отсева и степень использования.

Основные средства, используемые для оценки спроса на новую услугу, – это так называемые обследования покупательских настроений, оценка элементов услуги, модели выбора, пробные рынки и/или аналогии с другими продуктами и даже другими странами.

Данные, используемые для оценки спроса на новую услугу, собираются либо с помощью обследований, либо (иногда) в ходе экспериментов. Можно рассматривать некоторый набор альтернативных услуг или задать респонденту простой вопрос: готов ли он приобрести определенную услугу. Вопросник можно направить группе экспертов, чтобы они высказали свое профессиональное мнение о новой услуге. Среди методов, применимых в последнем случае, внимания заслуживает, в частности, метод Дельфи¹⁰.

Большинство услуг электросвязи имеют общие виды применения, поэтому в новых поколениях технологий наряду с расширением круга возможных применений сохраняется поддержка традиционных услуг; например, технология подвижной связи 4G LTE позволяет предоставлять те же услуги, что и технология 3G. В данном случае новая технология заменяет собой 3G в части услуг голосовой связи, но при этом поддерживает более прогрессивные применения в части передачи данных, что расширяет сферу применения. Таким образом, рыночный потенциал можно оценить, рассмотрев комбинацию старого рынка и нового рынка, сформировавшегося за счет расширения сферы применения. Эконометрические модели могут использоваться для оценки совокупного спроса на услуги, а метод Дельфи – для его детализации в соответствии с привлекательностью каждого поколения технологий.

Важно отметить, что ошибочные предположения закрадываются в анализ не в связи с недостатком в методах прогнозирования. Регрессионный анализ, модели на основе сглаживания трендов прошедших периодов, метод Дельфи/экспертные заключения, оценка функциональных элементов, пробные рынки и другие методы доступны всем. В основе самых неудачных прогнозов спроса лежит общее предположение о том, что сложные взаимосвязи, ранее определявшие спрос, будут и впредь действовать в неизменном виде. Директивным органам при всех обстоятельствах следует иметь в виду, что исторические данные могут быть ненадежной основой из-за появления новых технологий, смены потребительских предпочтений, развития отраслей и изменения регуляторного режима.

2.1 Оценка спроса эконометрическими методами

Чтобы определить потребность в широкополосной связи в заданном регионе, можно разработать простую регрессионную модель (сходную с первоначальными моделями плотности телефонных сетей) исходя из размеров экономики. В такой модели используются текущие уровни проникновения широкополосной связи в группе стран и текущее значение валового внутреннего продукта (ВВП) каждой страны.

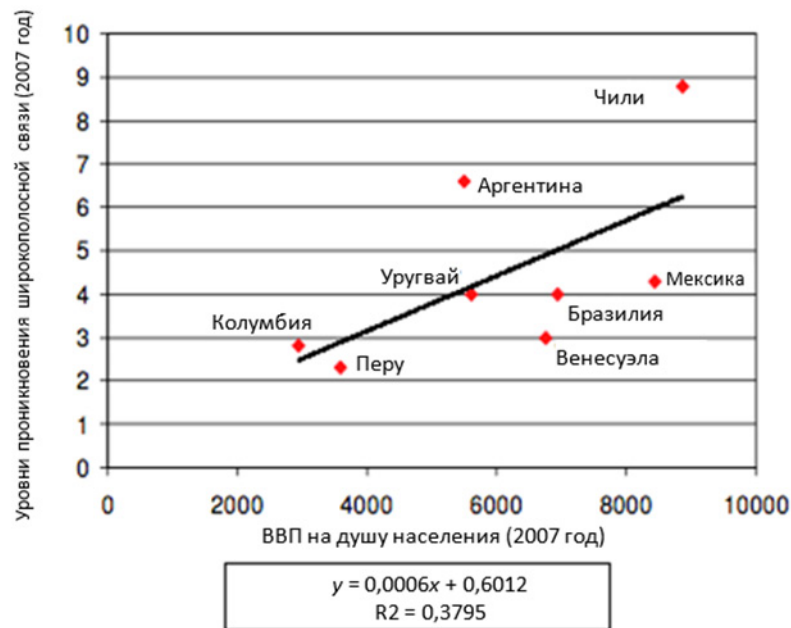
Эта модель использовалась в работе Katz¹¹ (2009) для оценки спроса на широкополосную связь в странах Латинской Америки. Согласно этой модели существует прямая зависимость между ВВП и уровнем проникновения широкополосной связи, так как ожидается, что в странах с более высоким ВВП на душу населения доля населения, пользующегося услугами широкополосной связи, будет выше.

⁹ Fildes and Kumar (2002).

¹⁰ Метод Дельфи заключается в проведении консультаций с группой экспертов по поводу того или иного события в будущем посредством вопросника, который корректируется и рассылается заново до тех пор, пока не будет выработано единое мнение (развернутое обсуждение метода). Подробнее см. на стр. 29: 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.

¹¹ 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: Кривая регрессии¹² (соотношение уровня проникновения широкополосной связи к ВВП на душу населения)



Источник: МСЭ.

Другой простой в использовании подход был разработан ОЭСР и опубликован в 2008 году¹³. В рамках этого подхода, опирающегося на модель перекрестных рядов, используются данные из стран ОЭСР. Работа ОЭСР позволила сделать вывод, что наилучшая модель для оценки спроса на услуги широкополосной связи основывается на зарегистрированных значениях таких параметров, как уровень проникновения, цена, ВВП на душу населения и количество лет, прошедших с момента появления на рынке коммерческих услуг передачи данных по цифровым абонентским линиям (ЦАЛ).

Удобство этой модели в том, что значения коэффициентов при логарифме цены (price) и логарифме ВВП на душу населения (GDPPC) можно трактовать как эластичность:

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

Применение модели ОЭСР позволяет сделать следующие выводы.

- Спрос в долгосрочной перспективе неэластичен по цене. Коэффициент $-0,43$ указывает на то, что снижение цены на 1% вызовет рост спроса на 0,43% в долгосрочной перспективе. По видимому, цена не оказывает заметного влияния на спрос. Вместе с тем этот показатель эластичности находится в верхней части типичного диапазона ценовой эластичности спроса на аренду телефонных линий и местные и междугородние вызовы в развитых странах.
- Несколько выше оказывается долгосрочная эластичность спроса по уровню доходов, который измеряется величиной ВВП на душу населения. Повышение уровня благосостояния на 1 процент вызовет рост спроса на 0,78% (также в долгосрочной перспективе). Это согласуется с результатами других исследований эластичности спроса по уровню доходов, из которых следует, что в более обеспеченных странах значение коэффициента будет меньше единицы.
- Коэффициенты при YSL и YSL² указывают на то, что рост спроса на услуги широкополосной связи имеет нелинейный характер и находится в стадии интенсивного роста. Как и ожидалось, коэффициент при YSL² отрицательный.

¹² Katz (2009).

¹³ 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.

Эта модель перекрестных рядов может применяться для оценки уровня проникновения рассматриваемой услуги в конкретной стране или даже для оценки новой модели на основании характеристик стран конкретного региона или стран, в чем-то схожих с целевой страной, например по социально-экономическим или географическим характеристикам.

Представленные выше модели были разработаны для оценки спроса на услуги фиксированной широкополосной связи, но их можно использовать и для оценки спроса на услуги подвижной широкополосной связи, если вместо уровня проникновения фиксированной широкополосной связи и цены на нее подставить соответствующие параметры для подвижной связи.

Регуляторные органы, у которых есть доступ к соответствующим данным, могут также оценивать спрос по моделям временных рядов данных. В работе Hausman and Ros¹⁴ (2013) оценивались модели спроса на услуги подвижной и фиксированной электросвязи с использованием временных рядов данных по странам, сравнимым по уровню дохода (ВВП на душу населения) с Мексикой. Оценка проводилась с использованием рыночных курсов валют, но выборка сравнимых стран не изменилась бы, если бы вместо этого использовался паритет покупательной способности. В выборку были включены страны, находящиеся чуть выше и чуть ниже Мексики по ВВП на душу населения, для которых имелись данные о ценах на услуги подвижной связи.

С помощью эконометрических моделей спроса и цен на услуги подвижной связи оценивались формулы спроса на эти услуги для 17 стран в целях определения эластичности спроса на услуги подвижной связи в Мексике по цене и по ВВП на душу населения. Уровень проникновения подвижной связи выступает в роли зависимой переменной в левой части этих формул спроса (то есть исследовалась его зависимость от других переменных, таких как уровень дохода и цена).

Использовался подход с оценкой фиксированных эффектов, чтобы избавиться от смещенных и несостоятельных оценок. Коэффициент эластичности спроса по цене с приблизительным значением $-0,50$ и коэффициент эластичности спроса по ВВП на душу населения с приблизительным значением $0,45$ оценены точно (то есть статистически значимы) и указывают на то, что эти экономические параметры значимым образом влияют на численность абонентов подвижной связи.

Полученные модели демонстрируют, что цена и ВВП на душу населения – важные факторы, определяющие спрос на услуги подвижной связи.

2.2 Оценка спроса методом Дельфи

Оценка с использованием метода Дельфи заключается в проведении консультаций с группой экспертов по поводу того или иного события в будущем посредством вопросника, который корректируется и рассылается заново до тех пор, пока не будет выработано единое мнение. История метода насчитывает уже более 50 лет; он считается одним из лучших инструментов долгосрочного прогнозирования и широко применяется в ряде стран для выработки государственной политики.

В первом раунде составляется первоначальный список вопросов, который рассылается группе экспертов в области электросвязи. Эксперты привлекаются на широкой основе из таких организаций, как национальные операторы связи, поставщики оборудования, академические организации, исследовательские центры, специализированные отраслевые издания, отраслевые ассоциации и регуляторные органы.

Ответы, полученные в первом раунде, сводятся воедино и анализируются. Вопросы, мнения по которым расходятся сильнее всего (с наибольшим расхождением среднего и медианного ответа), отбираются для второго раунда. В этом раунде каждому из экспертов показывается его собственный ответ, а также средний и медианный ответы, данные в предыдущем раунде, и задается вопрос, желает ли эксперт скорректировать свой исходный ответ.

По окончании второго раунда результаты сводятся воедино, и для каждого вопроса выбирается величина, которая будет служить оценкой параметра сдвига при прогнозировании спроса – среднее значение или медиана. Для каждого вопроса указываются выбранная оценка параметра сдвига, критерий выбора и полученные результаты. Если результаты по-прежнему расходятся, могут быть организованы новые

¹⁴ 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.

раунды. Цель состоит в том, чтобы сузить диапазон ответов и прийти к чему-то похожему на единое экспертное мнение.

Вопросник может включать, например, вопросы о плотности сетей, применении и потреблении новых услуг или технологий, а также об ожидаемом появлении новых поколений технологий. Числовые оценки в вопроснике могут даваться на каждые пять или десять лет, например 2020, 2025, 2030, 2040 и 2050 годы.

Таблица 2: Примеры вопросов для вопросника по методу Дельфи

Вопрос	УСТАНОВЛЕНО				ПРОГНОЗ			
	2014	2015	2016	2017	2020	2025	2030	2050
1. Контракты на подвижную сотовую связь на 100 жителей	44%	50%	55%	65%				
2. Доступ к межмашинной связи M2M на 100 жителей			0,02	0,03				
3. Минуты использования на одного абонента подвижной связи	82	91	86	109	115			
4. Использование мобильных данных на один контракт на подвижную широкополосную связь			15	35	59			
5. Динамика поколений технологии подвижной связи	99%	94%	90%					
	1%	6%	10%					
	0%	0%	0%					
	0%	0%	0%					
6. Контракты на фиксированную (проводную) широкополосную связь на 100 жителей								
7. Доля волоконно-оптических линий в общем количестве технологий обеспечения фиксированного доступа для частных лиц	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
8. Доля волоконно-оптических линий в общем количестве технологий обеспечения фиксированного доступа для предприятий	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%				
9. Средняя скорость (Мбит/с) на точку широкополосного доступа			170%	180%				

Источник: МСЭ

По сводным результатам за каждый год из оцениваемого периода можно дать оценку на оставшиеся годы путем линейной интерполяции или с помощью S-образной кривой.

Этот метод представляет собой попытку эффективного использования интуитивных экспертных заключений в долгосрочном прогнозировании, и он идеально подходит для оценивания спроса в долгосрочной перспективе и спроса на новые услуги и технологии.

2.3 Сегментирование спроса

После оценки совокупного спроса необходимо разбить его на основные составляющие, или сегменты, для отдельного анализа. При сегментировании могут, в частности, оказаться полезными результаты, полученные в ходе оценивания методом Дельфи.

При выборе рыночных сегментов следует придерживаться двух критериев: каждый сегмент должен быть достаточно мал и однороден, чтобы движущие факторы спроса действовали единообразно на

всем множестве его элементов, но вместе с тем и достаточно велик, чтобы результаты анализа стоили затраченных усилий. Здесь придется полагаться на собственное суждение.

При принятии этого решения полезно представить себе альтернативные способы сегментирования, например по группам конечных пользователей (частные лица или предприятия) или по типу покупки (тарифные планы с предоплатой и с последующей оплатой). Следующий шаг – выдвинуть гипотезы о ключевых факторах спроса в каждом сегменте и решить, какой уровень детализации потребуется, чтобы отразить действительную обстановку. В ходе дальнейшей оценки можно будет вернуться к этому этапу и проверить, не требуется ли пересмотр первоначальных решений.

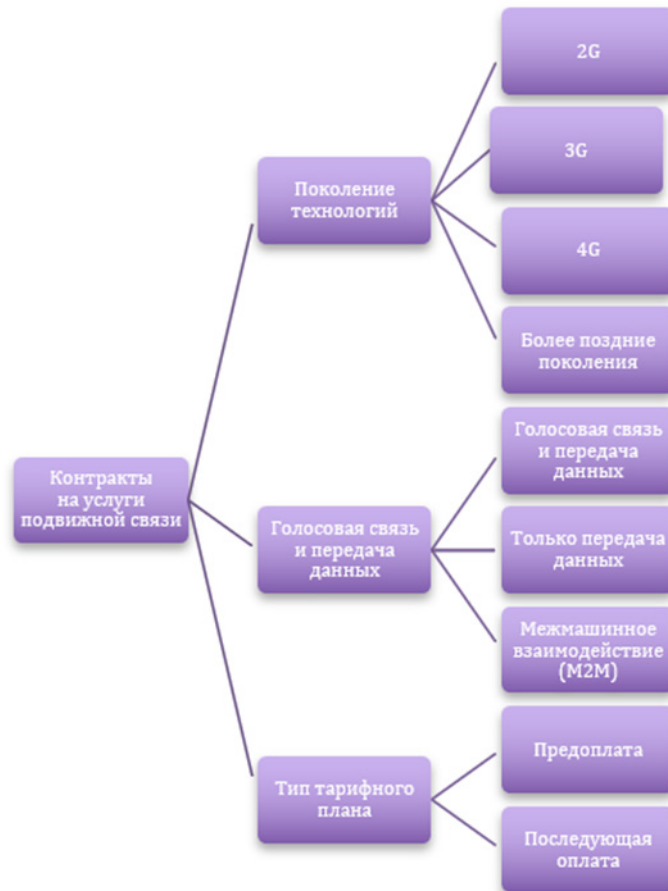
Думая над тем, какой уровень сегментации спроса выбрать, необходимо решить, будете ли вы пользоваться имеющимися данными о размере сегментов или же проведете новое исследование для получения независимой оценки. Многие страны через посредство базы данных МСЭ "Око ИКТ"¹⁵ могут получить доступ к большому объему информационных материалов открытого характера об уровне спроса за прошедшие периоды в разбивке по сегментам. Регуляторные органы некоторых стран также предоставляют широкое разнообразие статистических данных и показателей по национальным секторам электросвязи, которыми также можно воспользоваться.

Даже если источники данных качественные, имеющаяся информация может быть сегментирована неоптимальным для плодотворного анализа образом. В таких случаях важно решить, разрабатывать ли прогнозы по имеющимся данным за прошедшие периоды или предпринять новый раунд экспертной оценки, на что может уйти много времени и средств.

Пример структуры сегментирования совокупного спроса на услуги подвижной широкополосной связи показан на рисунке 3.

¹⁵ Портал МСЭ "Око ИКТ" размещен по адресу <https://www.itu.int/ITU-D/icteye/>.

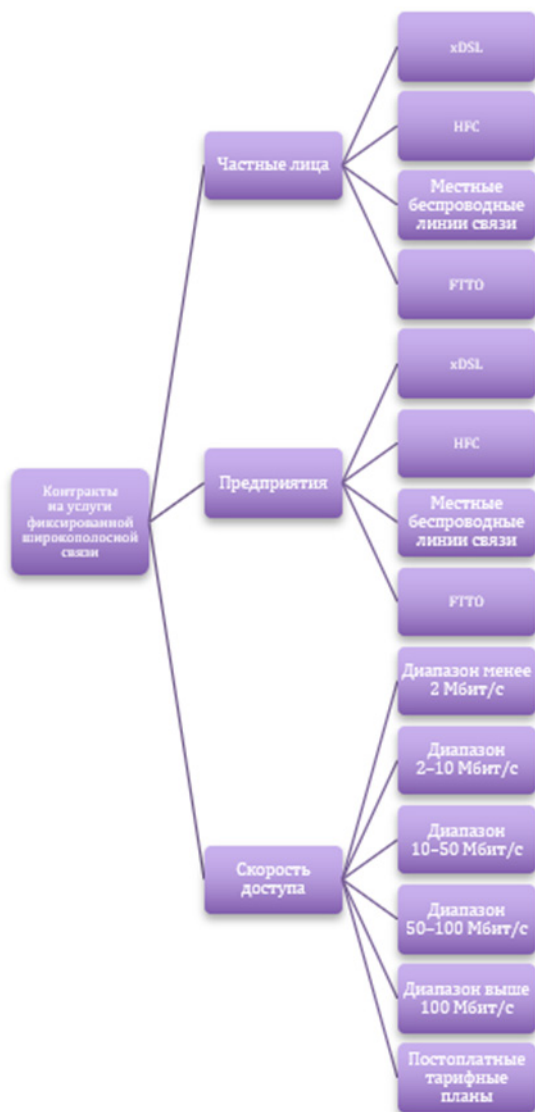
Рисунок 3: Пример сегментирования спроса на услуги подвижной широкополосной связи



Источник: По материалам Fields and Kumar (2002).

Пример структуры сегментирования совокупного спроса на услуги фиксированной широкополосной связи показан на рисунке 4.

Рисунок 4: Пример сегментирования спроса на услуги фиксированной широкополосной связи



Источник: По материалам Fields and Kumar (2002).

При сегментировании совокупного спроса важно, чтобы директивные органы не упускали из виду цели, которых они намереваются достичь посредством разрабатываемой государственной политики, чтобы получить наилучшую спецификацию для бизнес-плана с учетом имеющихся данных.

2.4 Оценка доли рынка потенциального нового оператора

Определив спрос на услуги, на следующем шаге необходимо смоделировать, как будет поделен рынок в связи с появлением потенциального нового игрока или применительно к деятельности уже существующей компании, которые приступят к реализации задач государственной политики в современных условиях конкурентной среды.

При моделировании рынка следует всегда учитывать действующие регуляторные нормы и критерии предоставления прав на оказание услуг, установленные ограничения ширины спектра, распределение каналов в затронутых полосах радиочастот и текущую конъюнктуру рынка.

Чтобы оценить долю рынка, которую займет потенциальный новый оператор фиксированной широкополосной связи, сначала следует рассмотреть текущее положение нынешних рыночных игроков и выяснить, нет ли каких-то действующих регуляторных положений, направленных на стимулирование

конкуренции, которые могут повлиять на конкурентную обстановку в среднесрочной перспективе. Если представляется вероятным, что статус-кво сохранится, можно просто дублировать текущую долю рынка существующих операторов с небольшими изменениями до конца осуществления проекта.

Если же в долгосрочной перспективе ожидается усиление конкуренции, следует предполагать, что доля рынка существующих операторов будет меняться и часть его могут завоевать новые участники. Моделью для прогнозирования изменений доли рынка на период до конца осуществления проекта может служить S-образная кривая.

При оценке доли рынка, которую займет потенциальный новый оператор подвижной широкополосной связи, помимо изложенных выше соображений необходимо учесть правила ограничения ширины спектра, а также регуляторные положения, действующие в отношении деятельности операторов виртуальных сетей подвижной связи и совместного использования сети радиодоступа. Имея эту информацию, можно затем смоделировать, как будут меняться условия конкуренции в ходе осуществления проекта, и оценить долю рынка, которую получит реализующий его оператор, также с помощью моделей на основе S-образных кривых¹⁶.

Оценка доли рынка потенциального нового оператора

Сценарий. Новому участнику рынка предстоит осуществить проект по организации фиксированной широкополосной связи, рассчитанный на пятнадцать лет. Регуляторный орган электросвязи соответствующей территории выступает за принятие ряда мер по стимулированию конкуренции, нацеленных на то, чтобы в долгосрочной перспективе рынок между операторами был поделен почти поровну. На рынке фиксированной связи уже действуют пять операторов, новый участник будет шестым. Поначалу его доля рынка будет почти нулевой, но в ходе осуществления проекта она будет постепенно расти, пока не достигнет уровня, намеченного регуляторным органом. Для моделирования доли рынка, которую будет занимать новый оператор в течение срока реализации проекта, можно использовать S-образные кривые.

Первоначальная доля рынка	1%
Намеченная доля рынка	16,67%

ДОЛЯ РЫНКА НОВОГО УЧАСТНИКА

2001	0,0093	1
2002	0,0167	2
2003	0,0287	3
2004	0,0468	4
2005	0,0704	5
2006	0,0963	6
2007	0,1199	7
2008	0,1380	8
2009	0,1500	9
2010	0,1573	10
2011	0,1616	11
2012	0,1639	12
2013	0,1652	13
2014	0,1659	14
2015	0,1662	15



Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения носят иллюстративный характер.

¹⁶ Такие модели могут применяться в секторе электросвязи/ИКТ для описания поведения рынка в отношении новой услуги. Модель на основе S-образной кривой характеризуется пологим начальным участком, на котором услуга используется только энтузиастами освоения новинок и в отдельных рыночных нишах. Далее кривая резко идет вверх – на этом участке новая услуга претерпевает стремительный рост и занимает доминирующее положение на рынке. По окончании периода быстрого роста услуга сохраняет достаточно прочное положение на рынке, но рост ее доли очень незначителен, что зачастую указывает на зрелый, но насыщенный рынок.

3 Оценка доходов от предоставления услуг широкополосной связи

На этом шаге оцениваются доходы, обусловленные прогнозируемым спросом. Простейший способ оценить чистые доходы – это рассчитать средний доход на одного пользователя (ARPU) по услугам или сегментам рынка услуг, которые планируется предоставлять согласно бизнес-плану.

Получив ARPU, этот показатель умножают на оценку спроса и получают чистый доход, как показано на рисунке 5.

Рисунок 5: Схема оценки чистого дохода



Источник: МСЭ.

Вместе с тем не всегда есть возможность узнать ARPU по конкретной услуге, которую планируется вывести на рынок, поэтому не исключено, что придется внести те или иные поправки, например использовать ARPU по сходной услуге. Кроме того, постоянное значение ARPU в течение срока реализации проекта – ситуация нетипичная, поэтому нужно будет принять некоторые допущения, чтобы предсказать возможную динамику этого показателя в ходе осуществления проекта.

Ниже описываются некоторые способы оценки доходов от проектов по организации широкополосной связи, а также предлагаемые подходы к оценке динамики этих доходов в период осуществления проекта.

3.1 Оценка доходов от проектов по организации подвижной широкополосной связи

Прежде всего следует отметить, что хотя формально проект заключается в развертывании сети подвижного широкополосного доступа, с точки зрения конечного пользователя он представляет собой проект по организации предоставления услуг подвижной связи (то есть подвижной голосовой связи и подвижной передачи данных). Поэтому рекомендуется оценивать ARPU по проекту на основании ARPU от услуг подвижной связи, которые будут предоставляться.

Кроме того, анализ показывает, что несмотря на прогресс технологий подвижной связи (2G, 3G, 4G LTE) внедрение этих технологий новых поколений не оказывает существенного воздействия на показатель ARPU. Вообще говоря, потребительская ценность тарифных планов для конечного пользователя практически не изменилась, то есть несмотря на увеличение объема передаваемых данных и повышение качества их передачи сумма, которую платит пользователь, не претерпела значительных изменений. Словом, в течение многих лет за одну и ту же цену абоненты имеют возможность пользоваться бóльшим объемом вызовов, отправляемых сообщений и передаваемых данных на более высоких скоростях, а еще получают дополнительные услуги с добавленной стоимостью. С точки зрения моделирования это означает, что оценивать доходы от предоставления новых услуг широкополосной связи можно на основании данных об ARPU от услуг подвижной связи за прошедшие периоды.

Если такие данные имеются, а спрос поддается сегментированию, то сегментация ARPU на тарифные планы с предоплатой и с последующей оплатой может обеспечить более точный прогноз.

3.2 Оценка доходов от проектов по организации фиксированной широкополосной связи

Оценивать доход от проектов по организации фиксированной широкополосной связи рекомендуется на основании ARPU от услуг фиксированной широкополосной связи. Вообще говоря, поставщики таких услуг предлагают как минимум два вида тарифных планов – низкоскоростные и высокоскоростные. На

сегодняшний день к низкоскоростным относятся тарифные планы с номинальной скоростью передачи данных до 20–25 Мбит/с, а к высокоскоростным – со скоростью от 25 Мбит/с и выше.

Как и в предыдущем случае, если соответствующие данные есть в наличии, а спрос поддается сегментированию, то сегментация ARPU на низко- и высокоскоростные тарифные планы может обеспечить более точный прогноз.

3.3 Оценка доходов от проектов по развертыванию транспортных сетей

Чистые доходы от тех проектов по развертыванию транспортных сетей, которые тесно связаны с оптовым предоставлением услуг электросвязи, рекомендуется оценивать исходя из цен на услуги выделенных линий общего доступа, предлагаемых традиционным оператором (или поставщиком услуг, обладающим значительным влиянием на рынке).

Если в стране, о которой идет речь, не предлагаются общедоступные оптовые услуги такого рода, одна из возможных альтернатив – обратиться к веб-сайтам других регуляторных органов за данными для получения надежных ориентировочных цен на услуги выделенных линий и подключения. После этого можно ввести поправку на индекс паритета покупательной способности, с тем чтобы компенсировать разницу в уровнях цен, обусловленную обменными курсами. Ориентировочные цены не должны включать в себя налоги и не должны индексироваться с учетом инфляции.

Оценка доходов от проектов по организации фиксированной широкополосной связи

Предположим, что в стране W предстоит осуществить проект по организации фиксированной широкополосной связи, рассчитанный на десять лет. Операторы связи в этой стране предлагают два основных вида широкополосного доступа – низкоскоростной и высокоскоростной.

ARPU в стране W составляет:

- от услуг низкоскоростного доступа – 22 долл. США;
- от услуг высокоскоростного доступа – 48 долл. США.

За последние пять лет ARPU устойчиво снижается на 0,5% в год. Предполагается, что эта тенденция сохранится на всем протяжении десятилетнего проектного периода. Оценив полный ARPU за все годы осуществления проекта, можно оценить совокупный доход, умножив значение этого показателя за конкретный год на спрос за тот же год.

Следует принять к сведению, что в первый год работы рекомендуется рассматривать доходы лишь за шестимесячный период, поскольку должно пройти время от развертывания сети до начала предоставления услуг на коммерческой основе.

Динамика ARPU от услуг фиксированной широкополосной связи			
	Услуги низкоскоростного доступа (долл. США)	Услуги высокоскоростного доступа (долл. США)	
2001	22,00	48,00	
2002	21,89	47,76	
2003	21,78	47,52	
2004	21,67	47,28	
2005	21,56	47,05	
2006	21,46	46,81	
2007	21,35	46,58	
2008	21,24	46,34	
2009	21,14	46,11	
2010	21,03	45,58	

Прогнозируемый спрос на услуги фиксированной широкополосной связи			
	Услуги низкоскоростного доступа	Услуги высокоскоростного доступа	
2001	25 650	1 350	
2002	43 200	4 800	
2003	90 100	15 900	
2004	132 000	33 000	
2005	183 000	61 000	
2006	221 900	95 100	
2007	248 950	134 050	
2008	283 200	188 800	
2009	319 000	261 000	
2010	368 500	368 500	

Совокупный доход			
	Услуги низкоскоростного доступа (долл. США)	Услуги высокоскоростного доступа (долл. США)	Совокупный доход (долл. США)
2001	3 385 800	388 800	3 774 600
2002	11 347 776	2 750 976	14 098 752
2003	23 549 131	9 067 045	32 616 176
2004	34 327 889	18 724 303	53 052 192
2005	47 352 983	34 438 533	81 791 516
2006	57 131 632	53 421 786	110 553 418
2007	63 775 598	74 925 178	138 700 777
2008	72 186 958	104 999 212	177 186 170
2009	80 905 725	144 426 749	225 332 475
2010	92 992 762	202 893 298	295 886 060

Примечание. – Приведенные значения носят иллюстративный характер.

3.4 Динамика дохода в ходе осуществления проекта

Исходное значение ARPU по проекту должно отражать последние расчетные значения. Динамика ARPU на протяжении периода бизнес-планирования может быть оценена по характеру изменения этого показателя в недавнем прошлом. Если данных об ARPU нет, можно получить их на веб-сайтах регуляторных органов электросвязи других стран или инвестиционных банков, взяв в качестве ориентира ARPU для какой-либо страны с похожими социально-экономическими характеристиками.

Другая хорошая стратегия – воспользоваться для оценки чистого дохода корзиной цен на услуги ИКТ (IPV), которую предлагает МСЭ¹⁷. Эта обширная база данных содержит обособленные корзины цен на услуги фиксированной, подвижной и широкополосной связи приблизительно по 165 странам. При оценке чистого дохода важно исключить из рассмотрения влияние налогообложения. Кроме того, при анализе тенденций ARPU за прошедшие периоды необходимо также исключить из рассмотрения инфляционное воздействие, чтобы в бизнес-плане во всех случаях фигурировали реальные значения.

Оценив ARPU и уже имея прогноз спроса, можно затем оценить годовой доход от предоставления конкретной услуги, связанной с развертываемой сетью.

Следует принять к сведению, что в первый год работы рекомендуется рассматривать доходы лишь за шестимесячный период, поскольку должно пройти время от развертывания сети до начала предоставления услуг на коммерческой основе.

¹⁷ Корзина цен на услуги ИКТ доступна по адресу <http://www.itu.int/ITU-D/ict/ipb/>.

4 Оценка инвестиций в широкополосные сети (CAPEX)

Одна из наиболее трудных задач, с которыми сталкиваются правительства, стремящиеся разработать и внедрить экономически устойчивую государственную политику стимулирования инвестиций в расширение сетей широкополосной связи, заключается в правильной оценке уровня CAPEX, необходимого для ликвидации пробелов в сетевой инфраструктуре данной страны.

Требуемый уровень инвестиций – ключевой параметр, позволяющий директивным органам выработать связный, убедительный и надежный план для оценки долгосрочной инвестиционной привлекательности и устойчивости гипотетического функционирования электросвязи в необслуживаемых географических районах.

Определяющие факторы для оценки CAPEX:

- прогноз спроса на услуги подвижной и фиксированной широкополосной связи наряду с подробной информацией о текущих пробелах в инфраструктуре, например списком муниципалитетов, не охваченных оптическими транспортными сетями;
- ожидаемый спрос (характеризующийся числом пользователей, трафиком или пропускной способностью (Мбит/с)) на услуги широкополосных сетей подвижной и фиксированной связи на ближайшие годы в разбивке по муниципалитетам; эта информация важна как для принятия решений при проектировании сетей, так и для оценки инвестиций.

Исходя из этих данных, уровень CAPEX, требуемый для устранения выявленных пробелов в инфраструктуре, будет неизбежно зависеть от выбранной услуги и технологий. Например, если цель директивного органа – быстро решить проблему, связанную с дефицитом широкополосной связи в конкретном регионе, в качестве предмета моделирования он может выбрать развертывание экономически эффективных и быстро сооружаемых сетей широкополосного доступа (3G, 4G LTE и т. д.), тогда как при планировании на более долгосрочную перспективу предпочтение может быть отдано моделированию развертывания сетей доступа на основе волоконных линий до жилого помещения (FTTH). Даже при моделировании развертывания магистральных/промежуточных транспортных сетей выбор конкретного их вида – стандартные общие микроволновые сети или волоконно-оптические сети нового поколения – зависит от целей государственной политики и спроса на трафик, прогнозируемого по каждому муниципалитету или району, и может оказывать непосредственное влияние на требуемый уровень инвестиций.

В качестве полезных указаний по оценке уровня CAPEX, требуемого для удовлетворения тех или иных инфраструктурных потребностей широкополосной связи, с учетом информационной асимметрии, которая неизбежно присутствует при анализе ситуации директивным органом, в следующих разделах этого комплекта материалов будут приведены примеры проверенных подходов, которым могут следовать правительства, желающие стимулировать развертывание широкополосных сетей подвижной связи 4G LTE, широкополосных сетей фиксированной связи FTTH, а также микроволновых и волоконно-оптических транспортных широкополосных сетей как наиболее распространенных технологий, применяемых в настоящий момент для расширения сетей широкополосной связи.

4.1 Сети подвижного широкополосного доступа

Эта модель предназначена для оценки состава сетевой инфраструктуры, требуемой для удовлетворения спроса на покрытие и пропускную способность (Мбит/с) потенциальных пользователей подвижной широкополосной связи стандарта 4G LTE в не обслуживаемых на данный момент муниципалитетах или районах, в целях оценки экономической целесообразности таких инвестиций.

Для выполнения этого расчета предлагается смоделированный оператор, располагающий только одним блоком радиочастот для использования в традиционных узлах e-NodeB сетей 4G LTE (далее называемых *макротами*), с менее дорогостоящим решением на базе *малых сот*, которое лучше приспособлено для удовлетворения растущего спроса на пропускную способность для передачи данных в муниципалитетах, где этот спрос превышает пропускную способность, обеспечиваемую макротами.

Это упрощенное решение на базе малых сот состоит из односекторной антенной системы и точки доступа Wi-Fi, используемой для непосредственной передачи нагрузки трафика в фиксированную транспортную сеть. На рисунке 6 показана предполагаемая топология сети подвижного широкополосного доступа.

Рисунок 6: Неоднородная сеть LTE



Интересно отметить, что данный подход обеспечивает существенное повышение пропускной способности и снижает потребность в дальнейшем расширении сети, обусловленную нехваткой пропускной способности как таковой, то есть операторы могут сократить объем инвестиций, необходимых в краткосрочной перспективе, и эффективнее монетизировать свою инфраструктуру. Действительно, это смоделированное решение для развертывания гибридной инфраструктуры из макросот, малых сот и точек доступа Wi-Fi отражает общемировую тенденцию в области неоднородных беспроводных широкополосных сетей 4G LTE, связанную с необходимостью уменьшить объем CAPEX, требуемый для удовлетворения стремительно растущего спроса на услуги подвижной широкополосной связи¹⁸. Эта гибридная стратегия дает тройное преимущество – обеспечение требуемого покрытия, поддержку мобильности пользователя и удовлетворение растущего спроса на пропускную способность, – обеспечивая увеличение инвестиций и более эффективное их распределение на протяжении всего срока эксплуатации.

Расчет объема инвестиций в развертывание станций обеспечения покрытия (макросот)

Чтобы рассчитать число макросот, требуемое для охвата связью каждого необслуживаемого муниципалитета, вся территория, которую предстоит охватить, делится на зоны максимальной площади, покрываемые одним типовым узлом e-NodeB, согласно формуле

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

где:

$N_{macrocells}$ – оцениваемое число макросот;

A_t – общая площадь территории, которую предстоит охватить (км²);

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

За ориентир для оценки $A_{eNb_{avg}}$ можно взять средний радиус зоны покрытия станций беспроводных широкополосных сетей 4G LTE, развернутых в муниципалитетах, которые уже обслуживаются такими сетями с использованием того же участка радиочастотного спектра. Можно также пользоваться ориентировочными значениями этого параметра, полученными по итогам развертывания беспроводных широкополосных сетей 4G LTE в других странах.

Расчитав требуемое число станций обеспечения покрытия, необходимо затем определить удельные затраты на развертывание каждой такой станции, чтобы можно было оценить требуемый объем инвестиций. Удельные затраты могут существенно различаться в зависимости от страны, поэтому во избежание неточных оценок следует выяснить значение этого параметра у закрепившихся на рынке местных операторов подвижной широкополосной связи и поставщиков местной сети.

¹⁸ 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>

Наконец, для экономически эффективного развертывания сети 4G необходимо пользоваться доступной для совместного использования пассивной инфраструктурой (вышками и т. п.), поскольку это позволяет существенно сэкономить при развертывании макросот.

Макросоты

Следующий пример иллюстрирует методику оценки числа элементов пассивной и активной инфраструктуры, необходимых для развертывания макросот.

Оценка числа макросот 4G

Пример 1. Город

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

$$A_t = 137 \text{ км}^2$$

$$A_{eNB_{avg}} = 7,5 \text{ км}^2$$

$$N_{macrocells} = 19$$

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

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

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

Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения носят иллюстративный характер.

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

После того как потребности в станциях обеспечения покрытия (макросотах) выяснены, настало время определить наилучшую стратегию построения сети с достаточной пропускной способностью (Мбит/с) для удовлетворения спроса на трафик беспроводной сети 4G LTE при оптимальном объеме CAPEX.

Первый шаг – спрогнозировать спрос на трафик по каждому муниципалитету на ближайшие годы¹⁹, исходя из спроса пользователей беспроводных сетей 4G LTE с сегментацией на пользователей тарифных планов с предоплатой и с последующей оплатой, пользователей услуг голосовой связи и передачи данных, пользователей модемов (генерирующих только трафик передачи данных) и прочее.

Чтобы преобразовать пользовательский спрос в потребную пиковую пропускную способность (Мбит/с) в виде, наиболее удобном для планирования сети, необходимо составить матрицу скоростей для каждого пользовательского сегмента, предусмотрев их изменение с течением времени исходя из обычного дополнительного повышения спектральной эффективности (бит/с/Гц) коммерческих сетей LTE.

На основе этой методики, имея оценки пользовательского спроса на услуги беспроводных сетей 4G LTE по каждому муниципалитету и пользовательскому сегменту, а также оценочную матрицу скоростей передачи данных, которые планируется предлагать в рамках тарифных планов 4G LTE, можно получить оценку пропускной способности, которую должна обеспечивать сеть беспроводного доступа 4G LTE, развертываемая в каждом из муниципалитетов.

Зная спрос на трафик (Мбит/с) и его прирост за каждый год работы, можно рассчитать число малых сот и точек доступа Wi-Fi, которое потребуется развертывать каждый год для удовлетворения спроса, превышающего пропускную способность, уже обеспечиваемую макросотами. Число малых сот, которое потребуется в каждый год работы в каждом муниципалитете, рассчитывается по следующей формуле:

¹⁹ Число лет зависит от временных рамок, установленных для расчета NPV. Например, Бразилия для расчета чистой приведенной стоимости (NPV) от проекта по организации фиксированной широкополосной связи использовала период прогнозирования спроса, равный 10 годам.

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

где:

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

F_s – коэффициент совместного использования сети, обычно называемый *коэффициентом переподписки*;

$C_{macrocell}$ и $C_{smallcell}$ – пропускная способность (Мбит/с) каждой макросоты (традиционные узлы e-NodeB с тремя секторами) или малой соты (только один сектор), рассчитываемая как произведение объема спектра (МГц), доступного для сетей 4G LTE в данном муниципалитете в год А (B_A), спектральной эффективности (бит/с/Гц) коммерческих сетей 4G LTE в год А (η_A) и числа секторов на одну станцию сети 4G LTE (S);

$F_{off-load}$ – коэффициент передачи нагрузки трафика сети 4G LTE в сети Wi-Fi, то есть процентная доля трафика малой соты, перенаправляемого в точку доступа Wi-Fi.

Представив формулу для расчета числа малых сот и точек доступа Wi-Fi, подлежащих установке в каждом муниципалитете в конкретный год, обсудим предположения, исходя из которых определяются значения каждой из переменных в этой формуле.

Как уже говорилось выше, D_{T_A} – это спрос на трафик (Мбит/с) по конкретному муниципалитету в год А. Применение этой формулы демонстрируется в разделе ниже, посвященном малым сотам.

Использование коэффициента передачи нагрузки $F_{off-load}$ основывается на предположении о том, что ввиду стремительного роста трафика с популяризацией терминалов сетей подвижной связи 4G LTE наблюдается общемировая тенденция, заключающаяся в частичной передаче нагрузки этого трафика в сети Wi-Fi²⁰, особенно на густонаселенных городских территориях. Кроме того, коэффициент передачи нагрузки отражает попытку повысить эффективность развертывания сети, поскольку обслуживание некоторых зон (например, городских микроцентров, торгово-развлекательных центров, аэропортов и т. п.) с высокой концентрацией спроса может быть в основном обеспечено точками доступа Wi-Fi.

Последние оценки²¹ показывают, что до 63% трафика сетей подвижной широкополосной связи проходит через сети Wi-Fi, что снижает уровень спроса на трафик, который требуется закладывать при определении размерных параметров сети подвижной связи, работающей на лицензируемых частотах. Кроме того, это допущение позволяет существенно оптимизировать CAPEX.

Коэффициент совместного использования сети F_s , известный также в экосистеме электросвязи под названием коэффициент переподписки, – это параметр, который принято рассматривать при проектировании сетей с коммутацией пакетов, например беспроводных сетей передачи данных 4G LTE. В формулах для определения размерных параметров сетей этот параметр отражает тот факт, что в большинстве случаев пользователи создают нагрузку на сетевые ресурсы (отправляют и принимают пакеты данных) в различные моменты времени. В силу того что пропускная способность сети подвижной связи используется не всеми пользователями одновременно, было бы нерационально планировать сеть в расчете на поддержку максимально возможного прогнозируемого объема трафика данных, поскольку такая ситуация никогда не возникнет. Вместо этого вводится коэффициент совместного использования сети (коэффициент переподписки), отражающий число пользователей, которых сеть должна поддерживать одновременно. Этот коэффициент может быть разным в каждой конкретной стране и иногда устанавливается национальной нормативно-правовой базой в области качества обслуживания. Его типичное значение, рассматриваемое при определении размерных параметров сетей широкополосной связи (фиксированной или подвижной), составляет 1 : 20 (5%), то есть на каждые 20 Мбит/с договорной пропускной способности

²⁰ 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.

²¹ 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>

сеть должна предоставлять всего 1 Мбит/с, так как в обычных условиях одновременно пользоваться сетью будут всего 5% пользователей²².

Значение спектральной эффективности η_A коммерческих сетей LTE в год A (бит/с/Гц) можно получить у местных операторов и поставщиков сетей; как правило, для сетей, использующих модуляцию 256-QAM, оно ориентировочно составляет 4 бит/с/Гц. Спрогнозировать дальнейшее изменение спектральной эффективности можно, проанализировав динамику предшествующего роста этого параметра для различных технологий передачи данных в сетях подвижной связи с момента появления на рынке технологий третьего поколения (WCDMA, HSPA и т. д.) до появления сетей LTE и их последующих версий (*выпусков*), стандартизированных организацией 3GPP Forum. Исходя из этого можно спрогнозировать кривую роста спектральной эффективности на следующие несколько лет до наступления периода зрелости сетей LTE и ввода в коммерческую эксплуатацию более высокоразвитых технологий сетей подвижной связи (например, 5G).

Последняя переменная в формуле – это объем спектра (МГц), доступный для сетей LTE в каждом муниципалитете в год A (B_A). Его значение зависит от страны и обычно известно регуляторным органам.

Определив значения всех переменных в формуле для расчета числа малых сот, необходимого в каждый проектный год A для удовлетворения спроса на трафик передачи данных в каждом муниципалитете, можно получить количественную оценку инфраструктуры, подлежащей развертыванию для обеспечения не только покрытия, но и пропускной способности, достаточных для удовлетворения спроса на подвижную широкополосную связь.

Малые соты

Следующая таблица иллюстрирует оценку числа малых сот, которое потребуется в данной развертываемой сети 4G LTE по годам, для следующего сценария:

- i) для обеспечения покрытия необходимо 19 макросот;
- ii) прогнозируемый совокупный спрос на трафик варьируется от 100 Гбит/с в первый год до 520 Гбит/с в десятый год работы;
- iii) коэффициент передачи нагрузки в сети Wi-Fi – 67%;
- iv) коэффициент переподписки – 5%;
- v) спектральная эффективность сети 4G LTE постоянна и равна 3 бит/с/Гц на одну малую соту.

²² См.: <http://businessdocbox.com/Logistics/66514074-Lte-network-design-from-a-techno-economic-perspective.html>. *LTE Network Design from a Techno-Economic Perspective*.

Оценка числа малых сот 4G						
Пропускная способность, обеспечиваемая сетью						
Год	$D_{гд}$	$(1 - F_{эф-двд})$	F	$[D_{гд} \cdot (1 - F_{эф-двд}) \cdot F]$		
1	100 Гбит/с	37%	5%	1,85 Гбит/с		
2	120 Гбит/с	37%	5%	2,22 Гбит/с		
3	150 Гбит/с	37%	5%	2,78 Гбит/с		
4	175 Гбит/с	37%	5%	3,24 Гбит/с		
5	210 Гбит/с	37%	5%	3,89 Гбит/с		
6	250 Гбит/с	37%	5%	4,63 Гбит/с		
7	300 Гбит/с	37%	5%	5,55 Гбит/с		
8	360 Гбит/с	37%	5%	6,66 Гбит/с		
9	430 Гбит/с	37%	5%	7,96 Гбит/с		
10	520 Гбит/с	37%	5%	9,62 Гбит/с		
Пропускная способность, обеспечиваемая макросотами						
Год	$N_{макротелл}$	$B_{гд}$	$\eta_{гд}$	S	$C_{макротелл}$	$N_{макротелл} \cdot C_{макротелл}$
1	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
2	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
3	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
4	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
5	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
6	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
7	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
8	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
9	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
10	19	20 МГц	3 бит/с/Гц	3	0,18 Гбит/с	3,42 Гбит/с
Пропускная способность, обеспечиваемая малыми сотами						
Год	$\max\{[D_{гд} \cdot (1 - F_{эф-двд}) \cdot F] - (N_{макротелл} \cdot C_{макротелл}), 0\}$					
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					
Пропускная способность малых сот						
Год	$B_{гд}$	$\eta_{гд}$	S	$C_{малая сот}$		
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		
Число малых сот						
Год	$\frac{\max\{[D_{гд} \cdot (1 - F_{эф-двд}) \cdot F] - (N_{макротелл} \cdot C_{макротелл}), 0\}}{C_{малая сот}}$					
1	0					
2	0					
3	0					
4	0					
5	8					
6	21					
7	36					
8	54					
9	76					
10	104					

В этом сценарии повышение пропускной способности беспроводной сети потребуется только на пятый год. К концу проекта будут развернуты в общей сложности 104 малые соты.

Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения носят иллюстративный характер.

Удельные затраты на инфраструктуру

После того как число развертываемых станций беспроводной широкополосной сети 4G LTE определено, следующий шаг в оценке CAPEX – определить удельные затраты на развертывание каждой из этих станций.

Для обеспечения лучшего понимания подхода к ценообразованию на макросоты сетевые элементы делятся на три категории:

- пассивная инфраструктура (вышки и т. п.), бремя затрат на которую можно сократить (иногда весьма существенно) за счет совместного использования уже введенных в действие сооружений;
- узлы e-NodeB сети LTE, в состав которых входит все оборудование блока управления, передатчика и радиосистемы;
- предлежащие транспортные сети передачи данных, состоящие из элементов (обычно оптических) станции LTE, обеспечивающих транспорт в сеть оператора. Значения удельных затрат на каждый из этих сетевых элементов можно получить у местных операторов и поставщиков сетей.

Узнав цены на макросоты, можно взять их за отправную точку для оценки затрат на реализацию подхода с использованием малых сот. По результатам исследований рынка²³ затраты на типичную малую соту с точкой доступа Wi-Fi оценены в 21% от затрат на макросоту. Это удобный ориентир, но для реального планирования следует всегда использовать текущие расценки, полученные от местных операторов и поставщиков сетей.

²³ Источник: Paolini, M. (2012), *The economics of small cells and Wi-Fi offload*, Senza Fili Consulting, page 2.

Результаты оценки CAPEX

Оценив общее количество станций беспроводной широкополосной сети 4G LTE (макросот и малых сот с точками доступа Wi-Fi), которые потребуется установить в каждый год работы в каждом из муниципалитетов, и определив удельные затраты на элементы инфраструктуры сети доступа, можно рассчитать полный объем требуемых инвестиций (CAPEX) по годам²⁴.

Эта матрица CAPEX определит чистую приведенную стоимость коммерческой эксплуатации беспроводной широкополосной сети 4G LTE и будет одним из основополагающих факторов при рассмотрении вопроса о включении недостаточно обслуживаемых районов в государственную политику, нацеленную на стимулирование создания инфраструктуры подвижной широкополосной связи.

4.2 Сети фиксированного широкополосного доступа

Модели, используемые регуляторными органами для оценки объема необходимых инвестиций в сооружение сети FTTH, могут основываться на признанных на международном уровне справочных данных по сетевой архитектуре и методиках сметной оценки оборудования и волоконно-оптического кабеля. После оценки требуемого количества единиц оборудования и кабеля и определения удельных затрат на них можно рассчитать общий объем CAPEX на развертывание сети.

Первым шагом является выбор конкретной технологии сетей FTTH в качестве ориентира для определения размерных параметров сети. В данном примере по итогам рассмотрения различных технологий, представленных на рынке, была выбрана технология GPON (гигабитная пассивная оптическая сеть, см. серию Рекомендаций МСЭ-Т G.984.1–G.984.6), что обусловлено широким применением этой технологии по всему миру.

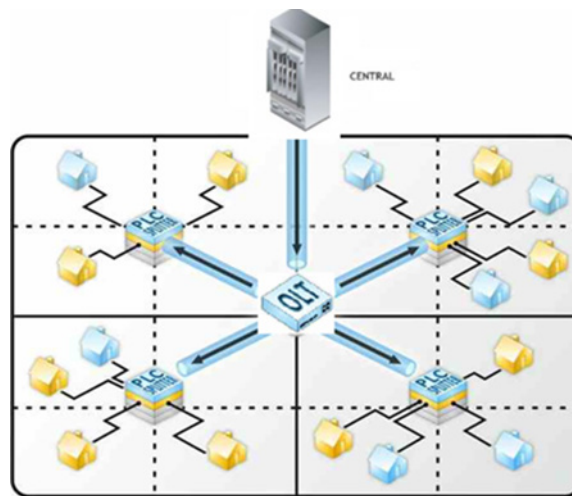
Согласно Рекомендации МСЭ-Т G.984.1²⁵, сети GPON характеризуются системами оконечного оборудования оптических линий и оконечными устройствами оптической сети с пассивной оптической распределительной сетью, образованной разветвителями, которые соединяют между собой оконечное оборудование оптических линий и оконечное оборудование оптической сети.

Для наших целей проще всего будет смоделировать создание сетевой инфраструктуры на основе наиболее распространенной – звездообразной – топологии сетей FTTH. Таким образом в данном примере при определении размерных параметров сети предполагается существование в каждом муниципалитете местной центральной станции FTTH, на которой установлены оконечное оборудование и разветвители оптических линий в соответствии с желательным количеством готовых к подключению домов в каждом муниципалитете. Предлагаемая топология сети показана на рисунке 7.

²⁴ Потребность в инвестировании в базовое оборудование беспроводной сети 4G LTE не оценивалась, поскольку предполагалось, что смоделированный оператор уже эксплуатирует сети 4G LTE в более экономически привлекательных регионах страны и, таким образом, уже располагает этим оборудованием.

²⁵ <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/en>

Рисунок 7: Топология сети FTTH



Источник: МСЭ.

На основании этой топологии следующей задачей будет оценка количества оконечных устройств оптических линий, разветвителей и оконечных устройств оптической сети, а также длины волоконно-оптического кабеля в километрах на уровнях агрегирования²⁶ и доступа²⁷, требуемых для реализации FTTH и предоставления услуг сверхширокополосной передачи данных.

Оконечные устройства оптических линий (OLT)

Для определения числа требуемых оконечных устройств оптических линий (OLT) следует обратиться к Рекомендации МСЭ-Т G.984.1 "Пассивные волоконно-оптические сети с поддержкой гигабитных скоростей передачи (GPON): общие характеристики", в которой максимальный коэффициент оптического разветвления устанавливается равным 1 : 128. Это означает, что к каждому оптическому порту OLT может быть подключено до 128 пользователей. Выбор в отношении пропускной способности (то есть числа портов) OLT определяется проектным решением с учетом того, что в наличии на рынке, как правило, имеются 16-портовые OLT. Из значений максимального коэффициента оптического разветвления и максимального числа портов OLT следует, что к каждому OLT можно подключить до 2048 пользователей. Таким образом общее число OLT, которое потребуется установить в сети FTTH, можно рассчитать по формуле

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

где:

N_{OLT_p} – число OLT, оцениваемое исходя из потребного числа портов;

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

K_{OLT} – число портов выбранного OLT;

S_R – используемое значение коэффициента оптического разветвления.

Вместе с тем учитывая, что типичные значения общей пропускной способности OLT ограничены 10 Гбит/с, увеличение количества портов у OLT (и, следовательно, числа пользователей, подключенных к одному и тому же OLT), приводит к сокращению возможностей обеспечить более высокоскоростное широкополосное подключение.

Например, OLT с максимальным числом подключенных пользователей и общей пропускной способностью 10 Гбит/с при типичном значении коэффициента совместного использования сети, равном 5% (1 : 20), может обеспечить конечному пользователю максимальную скорость подключения, составляющую

²⁶ Уровень агрегирования охватывает участок сети от центральной станции местных FTTH до уличных разветвителей.

²⁷ Уровень доступа охватывает участок сети от уличных разветвителей до абонентских домохозяйств.

приблизительно 100 Мбит/с. Чтобы предложить стольким же пользователям более высокую скорость, необходимо увеличить число OLT. В зависимости от заданной скорости подключения число OLT можно рассчитать по формуле

$$N_{OLT_s} = \frac{N_{hp} \times T_{x_u} \times F_s}{C_{OLT}}$$

где:

N_{OLT_s} – число OLT, оцениваемое исходя из предлагаемой абонентам скорости подключения;

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

T_{x_u} – скорость подключения в Мбит/с, предлагаемая типичному абоненту сети FTTH;

F_s – коэффициент совместного использования сети;

C_{OLT} – общая пропускная способность OLT в Мбит/с.

Как и прежде коэффициент совместного использования сети F_s (коэффициент переподписки) – это параметр, обычно учитываемый при проектировании сетей с коммутацией пакетов, к которым относятся сети фиксированной широкополосной связи. Как уже отмечалось здесь (а также обсуждается в разделе б), этот параметр в формуле для определения размера сети отражает тот факт, что доступ абонентов в интернет происходит не одновременно и служит для повышения эффективности за счет отказа от предоставления избыточной пропускной способности. Как и в случае с сетями подвижной широкополосной связи, которые обсуждались выше, типичное значение коэффициента переподписки для сетей фиксированной широкополосной связи составляет 1 : 20 ($F_s = 5\%$).

Оконечные устройства оптических линий

Рассчитав необходимое число конечных устройств оптических линий (OLT) для сети FTTH двумя методами (на основании числа физических портов, обеспечивающего возможность подключения заданного числа домохозяйств, и на основании предлагаемой абонентам скорости подключения), итоговое число OLT получают, взяв большее из этих двух значений, как показано в следующем примере.

Оценка числа OLT	
$N_{OLT_p} = \frac{N_{hp}}{K_{OLT} \cdot S_R}$	$N_{OLT_s} = \frac{N_{hp} \cdot T_{x_u} \cdot F_s}{C_{OLT}}$
$N_{hp} = 50\,000$ домов, готовых к подключению	$N_{hp} = 50\,000$ домов, готовых к подключению
$K_{OLT} = 16$ портов	$T_{x_u} = 80$ Мбит/с
$S_R = 128$	$F_s = 5\%$
$N_{OLT_p} = 25$	$C_{OLT} = 10\,000$ Мбит/с
	$N_{OLT_s} = 20$
$N_{OLT} = \max(N_{OLT_p}; N_{OLT_s}) = 25$	

Источник: МСЭ.

Примечание: Приведенные значения даны лишь для примера.

Разветвители

Определение количества разветвителей, которые необходимо будет установить в каждом муниципалитете, чтобы охватить желаемое число домохозяйств, готовых к подключению, является в большой степени проектным решением и зависит от характеристик соответствующей городской территории, которая будет обслуживаться, и ожидаемого спроса со стороны пользователей. Учитывая, что к каждому порту типичного OLT необходимо подключать до 128 пользователей, можно выбрать несколько конфигураций разветвителей, например 1 : 2, 1 : 4, 1 : 8, 1 : 16 и т. д. Если развертывать разветвители 1 : 16 в один уровень, то для подключения 128 пользователей к одному порту потребуется восемь разветвителей. Общая формула для расчета требуемого числа разветвителей в сети при условии развертывания в один уровень такова:

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

где:

$N_{splitter}$ – требуемое число разветвителей в сети;

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

$K_{splitter}$ – число доступных портов в зависимости от выбранного типа разветвителя, то есть максимальное число пользователей на один разветвитель.

Расчет длины волоконно-оптического кабеля (на уровне разветвителей)

Ниже приведен пример оценки числа разветвителей, которое потребуется для развертывания данной сети FTTH.

Оценка числа разветвителей

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

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

$K_{splitter} = 16$ портов

$N_{splitter} = 3125$ разветвителей

Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения даны лишь для примера.

Математическая модель для определения длины волоконно-оптического кабеля

После определения числа разветвителей и OLT, необходимого для того, чтобы охватить желаемое число готовых к подключению домов, на следующем этапе моделирования объема требуемых инвестиций нужно рассчитать длину оптического кабеля в километрах, который потребуется, чтобы соединить между собой все элементы звездообразной топологии вплоть до центральной сети FTTH. Из числа наиболее распространенных методов оценки длины волоконно-оптического кабеля, требуемого для развертывания сетей FTTH, можно выделить два – пространственный и геометрический.

Пространственный метод основан на использовании имеющихся геопространственных данных о городской территории, которую планируется обслуживать, включая информацию о профиле распределения домохозяйств, дорожных сетях, геолокации существующих элементов инфраструктуры электросвязи и т. д. На основе подробной информации определяется оптимальное географическое положение местной центральной станции сети FTTH, разветвителей и OLT, позволяющее охватить желаемое число домов,

готовых к подключению, и при этом минимизировать длину кабеля, соединяющего оборудование. Эта модель, обеспечивающая точность, имеет недостаток, который заключается в необходимости наличия подробной геопространственной информации, которой в большинстве случаев попросту нет.

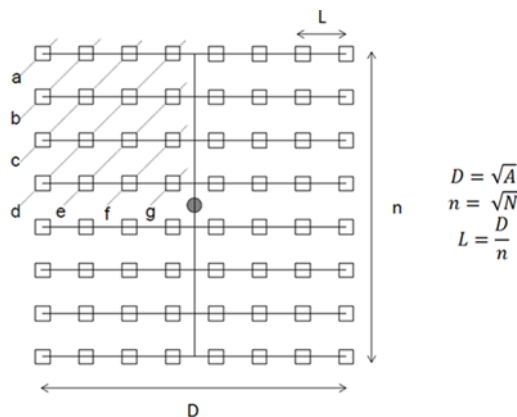
В противоположность этому **геометрический метод** предусматривает использование для расчета необходимой длины волоконно-оптического кабеля математических моделей, базирующихся на упрощенных представлениях о геопространственных условиях, рельефе местности, дорожных сетях и распределении зданий. Хотя этот метод менее точен, чем пространственный, он позволяет адекватно оценить требуемую длину волоконно-оптического кабеля даже в отсутствие геопространственных данных и представляет собой быстрый и достаточно точный метод оценки размера сети.

В статье "Geometric versus Geographic Models for the Estimation of an FTTH Deployment"²⁸ (Сравнение геометрических и географических моделей для оценки развертывания сетей FTTH) дается сравнительный анализ пространственной и двух геометрических расчетных моделей – модели треугольника (ТМ) и упрощенной модели на основе длины улиц (SSL). Этот сравнительный анализ показывает, что геометрическая модель SSL дает более точные результаты, чем модель треугольника, но все же существенно менее точна, чем пространственная модель. Кроме того, основным источником погрешностей геометрических моделей в сравнении с пространственной предположительно является отсутствие учета факторов несовершенства рельефа местности и пространственного распределения зданий. Для повышения точности предлагается ввести поправочные коэффициенты к результатам, полученным по геометрической модели.

Поэтому в случаях, когда использование пространственной модели невозможно из-за отсутствия геопространственных данных по муниципалитетам, которые предстоит обслуживать, рекомендуется для расчета длины волоконно-оптического кабеля, требуемого для соединения различных элементов оптической сети, использовать скорректированную геометрическую модель, описанную в упомянутой выше статье.

В основе своей модель SSL исходит из предположения о равномерном распределении элементов, соединяемых волоконно-оптическим кабелем, по схеме, имеющей форму квадрата, где элемент верхнего уровня, с которым соединяются все остальные, находится в центре квадрата (рисунок 8).

Рисунок 8: Геометрическая модель SSL



Источник: МСЭ.

Здесь

A – площадь квадрата (км^2);

D – сторона квадрата (км);

L – расстояние между соседними элементами (км);

N – общее число элементов в квадрате;

n – число элементов на одной стороне квадрата.

²⁸ Научная статья, опубликованная IEEE в 2013 году. <https://biblio.ugent.be/publication/4402261>

В этом сценарии, учитывая общераспространенный запрет на прокладку волоконно-оптического кабеля вдоль существующих улиц и трасс (представлены в модели SSL горизонтальными и вертикальными линиями), трудность состоит в том, чтобы вычислить расстояние от каждого элемента до центра квадрата, поскольку это расстояние по своей сути зависит от расстояния между однородно распределенными элементами и общим числом таких элементов в квадрате. Кроме того, в расчете следует учесть возможность существования двух и более элементов в одной ячейке квадрата. Для этого введен параметр K – среднее число элементов в одной ячейке рассматриваемого квадрата.

В этом геометрическом представлении важно иметь в виду, что если разделить квадрат на четыре одинаковых по размеру квадранта и разделить все элементы на категории по принадлежности к одной и той же диагонали квадранта, все элементы, входящие в одну категорию, будут расположены на одном расстоянии от центра исходного квадрата. Например, если рассортировать элементы по категориям $a-g$, как показано на выше рисунке 8, расстояние от каждого элемента до центра квадрата будет следующим: $a = (n-1) \cdot L$; $b = (n-2) \cdot L$; $c = (n-3) \cdot L$; ...; $g = L$.

Таким образом, умножив расстояние от типичного элемента каждой категории до центра на число элементов в данной категории, мы получим суммарное расстояние от всех элементов данной категории до центра основного квадрата. Сложив далее суммарные расстояния по всем категориям, получим общее расстояние от всех элементов квадранта до центра исходного квадрата. Наконец, чтобы получить общее расстояние от всех элементов квадрата до его центра, достаточно умножить общее расстояние по одному квадрату на четыре (так как всего квадратов четыре) и умножить результат на коэффициент K , поскольку волоконно-оптический кабель к центру квадрата должен идти от каждого элемента, даже если таких элементов в одной ячейке более одного.

Формула для расчета длины волоконно-оптического кабеля L_{fo} , требуемой для соединения всех элементов с центром квадрата, выглядит следующим образом:

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

Следующий шаг – определить значения параметров K , L и n по каждому муниципалитету и для каждого уровня сети, о чем речь пойдет ниже.

Расчет длины волоконно-оптического кабеля

Чтобы рассчитать длину волоконно-оптического кабеля в километрах с использованием геометрической модели SSL, необходимо определить состав сетевых элементов и задать значения параметров модели A , D , L , N , n и K . С учетом того что в каждом муниципалитете имеются местная центральная станция сети ФТТН, OLT, разветвители и домохозяйства, которые предстоит подключить к волоконно-оптическому кабелю, этот расчет необходимо выполнять в несколько этапов.

На первом этапе определяется длина волоконно-оптического кабеля, требуемого для соединения OLT с местной центральной станцией сети ФТТН в каждом муниципалитете. Для этого значение параметра A принимается равным площади городской территории, покрытие которой требуется обеспечить, а значение параметра N принимается равным количеству OLT, которые будут установлены. По этим двум параметрам вычисляются значения параметров n , D и L , после чего, приняв $K = 1$ (равномерное распределение OLT по всей городской территории покрытия), можно с помощью формулы из геометрической модели SSL определить длину кабеля в километрах, требуемую для соединения всех OLT с местной центральной станцией сети ФТТН.

Полученный результат делят на упомянутый выше поправочный коэффициент, равный 55,5%, чтобы компенсировать возможную недооценку длины, обусловленную геометрической моделью.

На втором этапе рассчитывается длина волоконно-оптического кабеля в километрах, требуемая для соединения разветвителей первого уровня с OLT. Соответствующий расчет выполняют для каждого OLT и его разветвителей, после чего результат умножают на количество устанавливаемых OLT.

На этом этапе для параметра A принимается значение размера городской территории, равное значению этого параметра на первом этапе и деленное на количество OLT, чтобы охватить территорию, соответствующую одному OLT. Значение параметра N принимается равным числу разветвителей на одно OLT. По этим двум параметрам вычисляются значения параметров n , D и L , после чего, приняв

$K = 1$ (равномерное распределение разветвителей по всей городской территории, соответствующей одному OLT), можно оценить длину кабеля в километрах, требуемую для соединения всех разветвителей с соответствующими OLT, по формуле геометрической модели SSL с применением того же поправочного коэффициента, равного 55,5%. Если предполагается установить разветвители между OLT и абонентами на более чем одном уровне, расчет повторяется для разветвителей на остальных уровнях.

В заключение необходимо рассчитать длину волоконно-оптического кабеля в километрах, требуемую для соединения абонентов с разветвителями в каждом из муниципалитетов. Расчет выполняют для одного разветвителя и соответствующей группы абонентов, после чего результат умножают на число устанавливаемых разветвителей.

Для параметра A принимается значение размера городской территории, равное значению этого параметра на первом этапе, деленное на число устанавливаемых разветвителей. Значение параметра N принимается равным числу готовых к подсоединению домов на один разветвитель. По этим двум параметрам вычисляются значения параметров n , D и L , после чего, приняв $K = 1$ (равномерное распределение²⁹ жилых домов по всей городской территории, приходящейся на один разветвитель), можно определить длину кабеля в километрах, требуемую для соединения всех готовых к подсоединению домов с соответствующими разветвителями, по формуле из геометрической модели SSL с применением поправочного коэффициента, равного 67%³⁰, чтобы скомпенсировать недооценку длины, обусловленную использованием упрощенной геометрической модели.

До сих пор все шло правильно. Однако следует учесть, что не все дома, готовые к подключению, станут подключенными домами. Поэтому число подключенных домов будет находиться в диапазоне от 0 до общего числа домов, готовых к подключению, а в расчет длины волоконно-оптического кабеля следует включать только подключенные дома. Чтобы принять этот фактор в расчет с учетом того, что известно, какие именно из готовых к подключению домов станут подключенными (например, ближайшие к разветвителю или наиболее удаленные от него), в качестве разумной аппроксимации можно подсчитать среднюю длину волоконно-оптического кабеля в километрах, требуемую для соединения одного готового к подключению дома с соответствующим разветвителем в каждом муниципалитете, и умножить ее на значение общей численности новых подключенных домов в годовом исчислении. Результатом будет общая длина волоконно-оптического кабеля, необходимая для соединения всех подключенных домов в каждом муниципалитете в соответствующий год.

Определяя общее число подключенных домов, важно учитывать эффект *оттока* абонентов. Отток – это показатель изменения абонентской базы оператора; на практике коэффициент оттока представляет собой процент клиентов, отказавшихся от абонентской подписки на конкретную услугу в данный период.

Вследствие оттока число подключений, осуществляемых каждый год, оказывается больше значений чистого изменения абонентской базы оператора. Иными словами, если изначально у оператора обслуживаются 1000 абонентов, а на следующий год их число возрастает до 1100, то с учетом эффекта оттока это означает, что число вновь приобретенных абонентских подписок в этом периоде *превышает 100*. Объяснение здесь простое: если измеренный коэффициент оттока в этом году составил 5%, то из 1000 имевшихся абонентов 50 отказались от абонентской подписки, но вместе с тем появились еще 150 новых абонентов, поэтому итоговая численность абонентской базы составила 1100 абонентов.

Такое постепенное обновление абонентской базы существенно влияет на CAPEX по проекту развертывания сети FTTH. Чтобы оценить потребность в подключениях в каждом году, необходимо учесть чистое изменение спроса плюс процент оттока, умноженный на общую численность абонентов по состоянию на конец предыдущего года. Это означает, что понадобится больше кабеля и больше комплектов CPE, включающих абонентский маршрутизатор (CPE) и оконечное устройство оптической сети (ONT), подлежащие установке в домах абонентов. Разумеется, большую часть CPE и ONT, установленных ранее у абонентов, отказавшихся от услуг оператора, можно и нужно по возможности повторно использовать в домах новых абонентов; при этом коэффициент повторного использования зависит от логистических факторов, таких как хранение и перевозка.

²⁹ Упрощения, о которых идет речь, связаны с тем, что информация об уровне вертикализации домохозяйств (числе элементов в одной ячейке модели) обычно отсутствует.

³⁰ Средний процент недооценки длины кабеля на уровне доступа в густонаселенных районах см. в статье: *Geometric versus geographic models for the estimation of an FTTH deployment*, Telecommunication Systems Volume 54, page 21.

Ниже представлены формулы для расчета длины волоконно-оптического кабеля в километрах, требуемого, чтобы соединить подключенные дома с соответствующими разветвителями, и для расчета необходимого числа комплектов CPE:

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

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

где:

$Fiber_HC_{total_t}$ – общая длина волоконно-оптического кабеля (км), который потребуется проложить в t -м году для соединения подключенных домохозяйств с соответствующими разветвителями;

$Fiber_HC_{avg}$ – средняя общая длина волоконно-оптического кабеля (км), требуемая для соединения одного готового к подключению дома с соответствующим разветвителем;

N_{hct} – численность абонентов (подсоединенных домов) в t -м году;

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

$churn$ – процентная доля абонентов, имевшихся в $t - 1$ году, которые выбыли из абонентской базы в t -м году;

$N_{Pct_CPE_t}$ – число комплектов CPE, подлежащих установке в t -м году;

F_r – коэффициент повторного использования ONT, изымаемых из домов абонентов, которые отказались от абонентской подписки в t -м году.

Следует иметь в виду, что коэффициент оттока и коэффициент повторного использования CPE и ONT могут существенно меняться в зависимости от страны, поэтому регуляторным органам настоятельно рекомендуется получить точные цифры у местных операторов. В случаях когда получить такую информацию не представляется возможным, разумными оценками для целей определения размера сетей считаются коэффициент оттока, равный 5% в год, и коэффициент повторного использования, равный 80%.

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

Шаг первый

Расчет длины волоконно-оптического кабеля – уровень OLT

$A = 100 \text{ км}^2$	$K = 1$	$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$
$N = 25 \text{ OLT}$	$n = \sqrt{N} = 5$	$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot \sum_{i=1}^4 [\min(i, 5-i) \cdot (5-i)]$
$D = \sqrt{A} = 10 \text{ км}$	$L = \frac{D}{n} = 2 \text{ км}$	$L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 2 \cdot [(1 \cdot 4) + (2 \cdot 3) + (2 \cdot 3) + (1 \cdot 1)]$
		$L_{fo} = 136 \text{ км}$
		$L_{fo_corrected} = \frac{136}{0,555} \cong 245 \text{ км}$

Шаг второй (для одного уровня разветвителей)

Расчет длины волоконно-оптического кабеля – уровень разветвителей

$A = \frac{100 \text{ км}^2}{25 \text{ OLT}} = 4 \text{ км}^2 / \text{OLT}$ $N = \frac{3125 \text{ разветвителей}}{25 \text{ OLT}} = 125 \text{ разветвители} / \text{OLT}$ $n = \sqrt{N} = 11$ $D = \sqrt{A} = 2 \text{ км}$	$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,18 \cdot \sum_{i=1}^{10} [\min(i, 11-i) \cdot (11-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,18 \cdot [10 + 18 + 24 + 28 + 30 + 25]$ $L_{fo} = 118,8 \text{ км на OLT}$
$K = 1$ $L = \frac{D}{n} \cong 0,18 \text{ км}$	
$L_{fo_corrected} = \frac{118,8}{0,555} \cong 214 \text{ км на OLT}$	

Optical Fibre Calculation - Homes-Passed (HP) Layer

$A = \frac{4 \text{ км}^2 / \text{OLT}}{125 \text{ Splitters} / \text{OLTs}} = 0,032 \text{ км}^2 / \text{Splitter}$ $N = \frac{50,000 \text{ HP}}{3,125 \text{ Splitters}} = 16 \text{ HP} / \text{Splitter}$ $n = \sqrt{N} \cong 4$ $D = \sqrt{A} \cong 0,18 \text{ км}$	$L_{fo} = 4 \cdot K \cdot L \cdot \sum_{i=1}^{n-1} [\min(i, n-i) \cdot (n-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,045 \cdot \sum_{i=1}^3 [\min(i, 4-i) \cdot (4-i)]$ $L_{fo} = 4 \cdot 1 \cdot 0,045 \cdot [(1 \cdot 3) + (2 \cdot 2) + (1 \cdot 1)]$ $L_{fo} = 1,44 \text{ км per Splitter}$
$K = 1$ $L = \frac{D}{n} \cong 0,045 \text{ км}$	
$L_{fo_corrected} = \frac{1,44}{0,67} \cong 2,15 \text{ км per Splitter}$ $Fiber_HC_{avg} = \frac{2,15 \text{ км} / \text{Splitter}}{16 \text{ HP} / \text{Splitter}} = 0,135 \text{ км} / \text{HP}$	
<p>Considering:</p> $N_{hc_1} = 10,000 \quad N_{hc_0} = 1,000 \quad churn = 5\% \quad F_r = 80\%$ <p>and:</p> $Fiber_HC_{total,t} = Fiber_HC_{avg} \cdot [N_{hc_t} - N_{hc_{t-1}} \cdot (1 - churn)]$ $N_{Pct_CPE,t} = N_{hc_t} - N_{hc_{t-1}} \cdot [1 - churn \cdot (1 - F_r)]$	
<p>We have:</p> $Fiber_HC_{total,1} = 0,135 \cdot (10,000 - 1,000 \cdot (1 - 0,05)) = 0,135 \cdot 9,050 \cong 1,222 \text{ км}$ $N_{Pct_CPE,1} = 10,000 - 1,000 \cdot [1 - 0,05 \cdot (1 - 0,8)] = 10,000 - 990 = 9,010 \text{ Pct_CPE}$	

Расчет общей длины волоконно оптического кабеля (км), который потребуется проложить в t -м году для соединения подключенных домов с соответствующими разветвителями, и общего числа комплектов CPE, подлежащих установке в том же году в данном городе.

Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения даны лишь для примера.

Удельные затраты на сеть ФТТН

Представленная здесь модель сети ФТТН включает местные центральные станции, маршрутизирующие местный трафик в магистральную сеть оператора, OLT, разветвители, волоконно-оптический кабель и комплекты CPE. Стоит отметить, что для соединения разветвителей с подключенными домами можно использовать кабель с меньшей пропускной способностью (и, соответственно, ценой), а более

дорогостоящий кабель с большей пропускной способностью применить для соединения между собой разветвителей, OLT и центральной станции сети FTTH.

Как и прежде цифры удельных затрат на каждый из этих сетевых элементов следует запросить у местных операторов и поставщиков сетей.

Результаты оценки CAPEX

Определив количество местных центральных станций сети FTTH, OLT, разветвителей, комплектов CPE и длину (км) волоконно-оптического кабеля, требуемых для развертывания сети FTTH в каждом из муниципалитетов, а также удельные затраты на все это оборудование, можно рассчитать общий необходимый объем инвестиций (CAPEX) на каждый год³¹.

На данном этапе важно подчеркнуть, что влияние оценки объема инвестиций на денежный поток моделирования сети будет зависеть от установленного в проекте срока сооружения инфраструктуры – обычно это первые годы работы. В последующие годы останутся только капитальные расходы, связанные с прокладкой волоконно-оптического кабеля для подключения к разветвителям новых абонентов, а также приобретением комплектов CPE и их передачей абонентам, то есть с инфраструктурными потребностями, которые будут зависеть от динамики абонентского спроса на услуги сетей FTTH с течением лет.

4.3 Транспортные сети

В условиях растущего спроса на сети сверхширокополосного доступа многие страны испытывают нехватку инфраструктуры транспортных сетей, которая обеспечивала бы маршрутизацию всего входящего и исходящего трафика данных между муниципалитетами или регионами и магистральной сетью оператора.

Перед директивными органами теперь нередко стоит задача стимулировать развертывание волоконно-оптических транспортных сетей путем выработки государственной политики, благоприятствующей привлечению частных инвестиций для устранения этого пробела в инфраструктуре. В связи с этим при разработке или оценке экономически устойчивых проектов по развертыванию инфраструктуры часто бывает полезно провести оценку CAPEX на развертывание волоконно-оптических транспортных сетей

Чтобы упростить проект и оценку CAPEX, волоконно-оптическую транспортную сеть можно рассматривать как набор волоконно-оптических линий передачи с конечными точками в виде передатчиков и усилителей синхронной цифровой иерархии (СЦИ), соединенных проложенным в грунте волоконно-оптическим кабелем, вдоль трассы пролегания которого располагается ряд волоконно-оптических повторителей. Кроме того, для встраивания трафика передачи данных в национальную магистральную сеть необходимы такие сетевые элементы, как перенастраиваемые оптические мультиплексоры ввода/вывода на базе метода плотного мультиплексирования с разделением по длине волны (DWDM ROADM) и оптические распределительные щиты (ODF).

Количество и емкость необходимых сетевых элементов в значительной степени зависят от требуемой минимальной пропускной способности (совокупного спроса на трафик в муниципалитете или регионе) и расстояния между муниципалитетом (регионом) и ближайшим пунктом ввода трафика в магистральную сеть оператора. Определив эти два важнейших параметра для всех необходимых транспортных линий, можно оценить общий объем CAPEX.

Что касается оборудования конечных точек сети (в частности передатчиков), то требуемое количество элементов зависит от спроса в каждом муниципалитете. Иными словами, требуемое количество оборудования определяется на основе информации об использовании оборудования с конкретной пропускной способностью (Мбит/с) и исходя из спроса на трафик.

Однако магистральное оборудование, возможно, потребует внесения в сеть корректировок, необходимых для удовлетворения спроса в конкретном муниципалитете. Действительно, для того чтобы подключить к магистральной сети еще один муниципалитет, возможно, потребуется увеличить пропускную способность некоторых сетевых элементов. В таком случае каждый муниципалитет должен будет определить количество магистральных сетевых элементов, которые необходимо усовершенствовать.

³¹ Капитальные расходы на маршрутизацию трафика данных из муниципалитетов (то есть из местных центральных станций FTTH на более высокий уровень) здесь не учтены, так как предполагается наличие национальной магистральной сети, объединяющей все муниципалитеты, подлежащие включению в проект по развертыванию сети FTTH.

Последняя группа сетевых элементов имеет отношение к общей протяженности сети. От протяженности волоконно-оптической сети напрямую зависят требуемая длина кабеля и количество кабелепроводов и траншей, а также повторителей, которые устанавливаются через заданные промежутки, зависящие от их дальности действия. Дальность действия волоконно-оптических повторителей различается у разных поставщиков сетей, и можно ожидать, что со временем она будет увеличиваться, но, как правило, обычным стандартом при проектировании волоконно-оптических транспортных сетей является установка повторителей через каждые 70 км.

Чтобы рассчитать затраты на этот набор сетевых элементов, необходимо определить протяженность каждого сооружаемого участка сети. Для этого можно использовать в качестве точки отсчета кратчайшее расстояние по дороге между подключаемым муниципалитетом и национальной магистральной волоконно-оптической сетью, поскольку прокладка волоконно-оптического кабеля вдоль межмуниципальных шоссе и других дорог обычно позволяет сократить затраты и время развертывания.

Следует отметить, что этот метод расчета применяется при звездообразной топологии развертываемой сети (соединении пункта с пунктом без оптимизации). Однако ввиду того что к одной точке национальной магистральной сети может быть подключено более одного муниципалитета, следует рассмотреть возможность реализации на некоторых участках сети кольцевой топологии, когда муниципалитеты соединены друг с другом и имеют общий пункт ввода трафика в национальную магистральную сеть. Такой гибридный подход позволяет существенно сократить требуемую длину волоконно-оптического кабеля, но для этого регуляторные органы должны сначала определить физическую топологию развертываемой сети.

Расчитанное количество необходимого оборудования и волоконно-оптического кабеля затем умножают на удельные затраты на такое оборудование, информацию о которых желательно получить непосредственно от производителей и поставщиков, уже работающих в соответствующей стране. Конечный результат всех этих расчетов составит общую оценку CAPEX по данному проекту.

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

Этот раздел посвящен оценке затрат и текущих расходов (ОРЕХ) на проект по развитию широкополосной связи в целях точного прогнозирования денежных потоков при разработке бизнес-плана. Будут рассмотрены три основных подхода к оценке ОРЕХ:

- использование моделей затрат;
- учет затрат и расходов за прошедшие периоды;
- сравнение с контрольными показателями.

Для директивных органов выбор того или иного подхода будет зависеть от наличия соответствующих данных.

5.1 Использование моделей затрат для оценки ОРЕХ

Использовать модель затрат для прогнозирования расходов при расчете NPV проекта можно в случаях, когда регуляторные органы в области электросвязи должны в качестве регламентарной обязанности по регулированию оптовых тарифов вести раздельный учет и представлять модели затрат.

Хотя такие обязанности регуляторных органов относятся к оценке затрат на оптовые продукты, учетные данные о затратах могут служить ценной исходной информацией для оценки ОРЕХ на проекты по развитию широкополосной связи.

В частности, интерес представляет метод использования данных о полностью распределенных затратах (FAC), воплощающий в себе подход сверху вниз³² к оценке операционных затрат на предоставление услуг широкополосной связи. В рамках этого метода в полную себестоимость услуги, предлагаемой оператором,

³² При таком подходе исходными данными для расчета служат фактические учетные данные операторов, и затраты распределяются на каждую конкретную услугу.

включают все учтенные затраты компании на предоставление этой услуги, в том числе и капитальные. Таким образом полную себестоимость продукта можно выразить следующими формулами:

$$\text{Полная себестоимость продукта (ТС)} = \text{Расходы} + \text{Стоимость капитала};$$

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

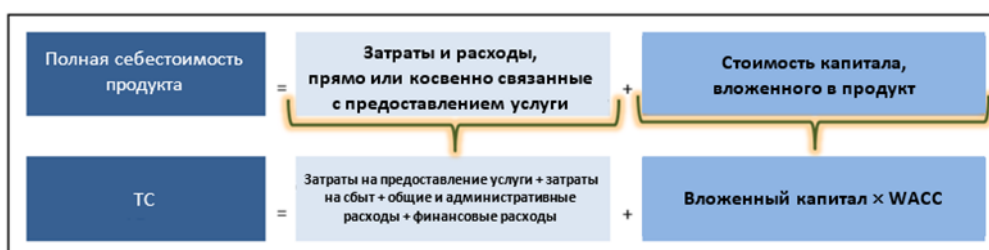
где:

расходы – сумма затрат на предоставление услуги, затрат на сбыт, а также общих, административных и финансовых расходов, прямо или косвенно связанных с производством продукта;

стоимость капитала (CC) – гипотетическое вознаграждение, которое должен был бы получить поставщик за обеспечение сохранности капитала, вложенного в его активы;

WACC – средневзвешенная величина стоимости капитала.

Рисунок 9: Состав полной себестоимости



Источник: МСЭ.

Следует также отметить, что для предоставления услуг электросвязи операторы сами пользуются другими услугами, предоставляемыми внутри структуры, поэтому полная себестоимость продукта должна включать в себя расходы, связанные с такими внутренними трансфертами (если они есть).

Внутренние трансфертные цены устанавливаются двояким образом:

- i) если продукт реализуется на внешнем рынке, внутренняя трансфертная цена должна совпадать с ценой, взимаемой с других поставщиков услуг электросвязи;
- ii) если продукт не реализуется на внешнем рынке, внутренняя трансфертная цена устанавливается на основании полной себестоимости продукта (ТС), рассчитанной по формуле на рисунке 9.

Исходя из информации, представленной операторами по своей системе раздельного учета и методике, разработанной регуляторным органом по модели учета затрат сверху вниз, можно определить состав полной себестоимости каждой из предлагаемых услуг.

За основу для прогноза OPEX, необходимого, чтобы рассчитать NPV проекта по развитию широкополосной связи, можно взять отношение суммы расходов, понесенных при предоставлении набора услуг поставщиком или группой поставщиков, к сумме чистого операционного дохода от предоставления того же набора услуг.

Рисунок 10: Отношение расходов к чистому доходу



Источник: МСЭ.

Умножив результирующее отношение величины общих затрат и расходов к чистому доходу на оценку доходов за этот год из бизнес-плана, можно получить частичную оценку OPEX.

Анализируя группу расходов, которую при распределении затрат относят к категории "затраты на предоставление услуг", эти расходы, исходя из присущих им характеристик, можно разделить на две подкатегории: а) операционные затраты и затраты на обслуживание; б) вознаграждение, уплачиваемое другим арендодателям (например, за присоединение, аренду сети и т. п.).

Теперь остается лишь оценить долю расходов, связанную с операционными затратами и затратами на техническое обслуживание (OPEX, O&M), которая была исключена из расчета затрат на предоставление услуг по причине своей внутренней зависимости от CAPEX по проекту. Для ее оценки можно использовать данные о годовой удельной величине OPEX по каждому из сетевых элементов, необходимых для сооружения сети.

Таблица 3: Операционные затраты и затраты на обслуживание

Сетевые элементы	CAPEX	OPEX
Элемент 1	X	% de X
Элемент 2	Z	% de Z
Элемент 3	Y	% de Y
		OPEX E&M

Поскольку расчет операционных затрат и затрат на обслуживание строго зависит от CAPEX по проекту, затраты по этой подкатегории можно определить как процентную долю от прогнозируемого значения CAPEX, а не на основе усредненных цифр за прошлые периоды, полученных от поставщика услуг.

Таблица 4: Полная величина OPEX

	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	...
Чистый доход	X	Z	Y	W	...
Отношение расходы/доход	r%	r%	r%	r%	r%
OPEX 1	X . r%	Z . r%	Y . r%	W . r%	...
O&M OPEX	Opex E&M	Opex E&M	Opex E&M	Opex E&M	
Полная величина OPEX	(X . r%) + Opex E&M	(Z . r%) + Opex E&M	(Y . r%) + Opex E&M	(W . r%) + Opex E&M	

Использование моделей затрат для оценки ОРЕХ

СОВОКУПНЫЕ ЗАТРАТЫ И ПОСТУПЛЕНИЯ ОТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСЛУГ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

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

Отношение расходы/доход 0,50

	СОВОКУПНЫЙ ДОХОД (долл. США)	Отношение расходы/доход	ОРЕХ 1 (долл. США)	КОЛИЧЕСТВО	ПОЛНАЯ ВЕЛИЧИНА ОРЕХ 2 (долл. США)	ПОЛНАЯ ВЕЛИЧИНА ОРЕХ (долл. США)
2001	3 774 600	0,50	1 885 116	100	2 249 750	4 134 866
2002	14 098 752	0,50	7 041 220	200	4 499 500	11 540 720
2003	32 616 176	0,50	16 289 220	300	6 749 250	23 038 470
2004	53 052 192	0,50	26 495 406	400	8 999 000	35 494 406
2005	81 791 516	0,50	40 848 442	500	11 248 750	52 097 192

Сетевые элементы	САРЕХ (долл. США)	ОРЕХ (%)	Удельная величина ОРЕХ 2 (долл. США)
Элемент 1	23 750	11%	2 613
Элемент 2	222 500	7%	15 575
Элемент 3	142 500	3%	4 275
Элемент 4	3 500	1%	35
Всего			22 498

Сценарий. Оператор подвижной связи собирается реализовывать проект по развертыванию беспроводной широкополосной сети 4G LTE. Один из возможных подходов к оценке ОРЕХ по новому проекту – использование моделей затрат, уже разработанных или применявшихся регуляторным органом в отношении других услуг подвижной связи.

Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения даны лишь для примера.

5.2 Оценка ОРЕХ на основании затрат и расходов прошлых периодов

В отсутствие достаточно развитой модели затрат для оценки ОРЕХ по готовящемуся к выпуску продукту альтернативным вариантом может стать использование данных балансовых отчетов компаний, уже закрепившихся в соответствующей стране и предлагающих услуги, эквивалентные или схожие с той, которая предлагается в бизнес-плане.

Рекомендуемый подход – рассмотреть прошлые тенденции динамики операционных расходов как функции чистого дохода. Если выявлена устойчивая взаимосвязь между этими двумя параметрами, можно использовать это отношение для оценки ОРЕХ.

Рисунок 11: Отношение расходов к чистому доходу за прошлые периоды



Источник: МСЭ.

Если устойчивое соотношение между доходом и расходами выявить не удастся, наилучшей стратегией будет проведение проверки данных аналитического учета и исключение возможных источников систематических отклонений, чтобы полученную устойчивую оценку движения денежных средств можно было использовать на всем протяжении проекта.

Получив оценку отношения операционных расходов (включающих затраты на предоставление услуги, затраты на сбыт, общие и административные расходы) к чистому доходу, этот коэффициент следует затем умножить на оценку суммарного годового дохода в потоке денежных средств. Результатом будет величина ОРЕХ за каждый год.

Таблица 5: Полная величина ОРЕХ

	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	...
Чистый доход	X	Z	Y	W	...
Отношение расходы/ доход	r%	r%	r%	r%	r%
Полная величина ОРЕХ	X . r%	Z . r%	Y . r%	W . r%	...

Source: UIT

5.3 Оценка ОРЕХ путем сравнения с контрольными показателями

Если услуга относительно новая и в стране отсутствует достаточно развитая коммерческая деятельность, так что оценить ОРЕХ на основании реальных балансовых отчетов невозможно, разумной альтернативой может служить сравнение с контрольными показателями.

Точки отсчета для моделирования полных расходов для бизнес-плана – в том числе анализ рыночного поведения компании, предлагающей новаторскую (возможно, даже никем ранее не опробованную) услугу, – можно легко найти в специальной литературе. Один из наиболее распространенных контрольных показателей для проектов, ориентированных на новые технологии, отражает взаимосвязь между CAPEX и ОРЕХ через отношение CAPEX/ТСО³³. Необходимо выбрать не менее трех рыночных опорных величин и по ним определить значение контрольного показателя, которое будет применяться в бизнес-плане.

В рамках этого подхода полная величина ОРЕХ оценивается из непосредственного соотношения с полной величиной CAPEX, как показано на рисунке 12.

Рисунок 12: Отношение CAPEX/ОРЕХ



Источник: МСЭ.

Но поскольку текущие затраты и расходы, как правило, зависят от числа активных пользователей сети, для оценки годовой величины ОРЕХ рекомендуется разделить полную величину ОРЕХ (оцененную как функция от полной величины CAPEX) на суммарную численность пользователей за каждый год согласно бизнес-плану, а затем умножить получившееся значение на прогнозируемую общую численность пользователей в каждом году. Результатом будет годовое изменение ОРЕХ в зависимости от спроса со стороны пользователей.

³³ ТСО (совокупная стоимость владения) = CAPEX + ОРЕХ.

Рисунок 13: Удельная величина OPEX



Источник: МСЭ.

Таблица 6: Полная величина OPEX

	1-й год	2-й год	...	п-й год	ВСЕГО
Спрос	X	Z	...	W	Demande totale
Удельная величина OPEX	u	u	u	u	U
OPEX	X . u	Z . u	Y . u	W . u	Total Opex

Источник: МСЭ.

Оценка OPEX на основании затрат и расходов за прошлые периоды

Сценарий. Оператор фиксированной широкополосной связи планирует запустить проект по развертыванию в стране сети FTTH наряду с другими операторами, уже предлагающими эту услугу. Один из возможных подходов к оценке OPEX по новому проекту состоит в том, чтобы использовать данные балансовых отчетов уже действующих в этой стране операторов, которые в течение какого-то времени предлагают эквивалентную услугу или весьма схожую с той, которую планируется развернуть.

В этом примере показан образец балансового отчета уже действующего оператора. Чтобы оценить отношение расходов к доходу, необходимо исключить затраты, связанные с износом и амортизацией, поскольку это отношение будет вычисляться непосредственно по CAPEX. Для оценки OPEX полученное отношение следует умножить на оценку дохода.

	A03	A04	A05
Операционный доход	297,912,913	325,137,496	340,544,845
Эксплуатационные затраты и расходы	262,441,526	286,267,393	307,163,411
<i>Себестоимость продаж и услуг</i>	151,754,644	159,353,526	165,445,249
<i>Административные, коммерческие и общие расходы</i>	67,120,319	76,033,705	80,211,477
<i>Прочие расходы</i>	1,661,652	1,371,521	8,115,038
<i>Обесценение и амортизация</i>	41,904,912	49,508,640	53,391,647
Отношение (расходы/доход)	0.74	0.73	0.75

	СОВОКУПНЫЙ ДОХОД	Отношение расходы/доход	ПОЛНАЯ ВЕЛИЧИНА ОРЕХ
A01	\$ 3,774,600	0.74	\$ 2,785,209
A02	\$ 14,098,752	0.74	\$ 10,403,215
A03	\$ 32,616,176	0.74	\$ 24,066,887
A04	\$ 53,052,192	0.74	\$ 39,146,256
A05	\$ 81,791,516	0.74	\$ 60,352,483
A06	\$ 110,553,418	0.74	\$ 81,575,373
A07	\$ 138,700,777	0.74	\$ 102,344,801
A08	\$ 177,186,170	0.74	\$ 130,742,478
A09	\$ 225,332,475	0.74	\$ 166,268,767
A10	\$ 295,886,060	0.74	\$ 218,328,985

Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения даны лишь для примера.

6 Оценка средневзвешенной величины стоимости капитала (WACC)

Важным этапом процесса ценообразования в секторе электросвязи является определение средневзвешенной величины стоимости капитала (WACC), которая существенно влияет на модели аукционов в этом секторе и модели установления цен на использование спектра. Слишком низкая величина WACC может дестимулировать новые инвестиции и приводить к установлению цен ниже эффективной стоимости, а слишком высокая – способствовать избыточным инвестициям и приводить к завышению цен.

В широком смысле WACC – это процентная ставка, эквивалентная средневзвешенной величине альтернативных затрат, которые несут источники долгосрочного финансирования поставщиков услуг. Параметры для этих расчетов входят в формулу, полученную из модели оценки капитальных активов (CAPM):

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

где:

 K_d – стоимость заемного капитала; τ – ставка налогообложения; $(D|D+E)$ – процентная доля заемного капитала; K_e^j – стоимость собственного капитала; $(E|D+E)$ – процентная доля заемного капитала;

Следует отметить, что в некоторых странах фактическая задолженность у поставщиков услуг электросвязи может варьироваться в широких пределах – особенно если сравнивать национальных поставщиков с теми, которые имеют штаб-квартиры за рубежом и могут извлекать выгоду как из капитализации вне своей группы компаний, так и из финансирования в рамках группы.

Учитывая широкий диапазон возможной задолженности, регуляторный орган может принять решение установить ее уровень, исходя из среднего уровня заемного капитала, принятого инвестиционными банками и регуляторными органами различных стран мира, а также международными компаниями.

Оценка стоимости заемного капитала

Стоимость заемного капитала оценивается по формуле

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

где:

re_f^T – безрисковая облигация;

$Spread$ – ставка кредитного риска, которая принята как средняя курсовая разница, уплачиваемая всеми поставщиками услуг электросвязи на данном рынке.

Оценка стоимости собственного капитала

Стоимость собственного капитала оценивается по формуле

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

где:

re_f^T – безрисковая ставка, устанавливаемая из общей концепции прибыли от обеспеченной активами облигации с доходом до срока погашения, составляющего не менее пяти лет;

β_j – бета собственного капитала. Этот параметр можно рассчитать исходя из курсовой стоимости акций поставщика услуг электросвязи в сравнении с фондовым рынком в целом или же на основании международного контрольного показателя. При обоих подходах следует применять бета-коэффициент без учета заемных средств, которые будут использоваться при оптимальной структуре капитала, определенной в соответствии со структурой капитала местных операторов электросвязи;

CRP – премия за страновой риск;

Если стоимость собственного капитала определяется в соответствии с международным подходом, в формулу K_e^j необходимо подставить CRP и разность коэффициентов инфляции в соответствующей стране и в Соединенных Штатах Америки.

MRP – премия за рыночный риск.

Оценка премии за рыночный риск (MRP)

Премия за рыночный риск оценивается по формуле

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

где:

re_f^{T-h} – безрисковая процентная ставка;

r_m^{T-h} – прибыль на рыночный индекс.

Временной период для ретроспективной оценки премии за рыночный риск должен быть не менее пяти лет. При этом следует исключать из рассмотрения периоды, в которых присутствовали аномальные ситуации на рынке.

Выбор между местной и глобальной моделями CAPM

Есть два основных подхода к оценке стоимости собственного капитала – глобальная модель CAPM и местная модель CAPM. Глобальная модель CAPM обычно применяется банками, а местная – в большей степени регуляторными органами, например ANTT (регуляторный орган Бразилии в области транспорта), ARCEP (Франция), CMT (Испания), ComReg (Ирландия), Ofcom (Соединенное Королевство) и PTS (Швеция). Оценка CAPM с использованием местных параметров возможна при наличии стабильных данных. У обеих методик есть свои преимущества и недостатки, но при наличии соответствующих данных рекомендуется применять местную CAPM, поскольку она прозрачнее и, как правило, лучше отражает местный рынок.

Глобальная модель CAPM призвана сформировать истинную картину рыночной ситуации в стране на основании международных данных. Применять ее рекомендуется в случае нехватки информации о местном рынке и/или активов организации электросвязи, торгуемых на фондовой бирже соответствующей страны.

Альтернативным способом отражения непредусмотренных рисков является добавление к глобальной модели CAPM других факторов, которые могут представлять собой политические, регуляторные и прочие риски. На сегодняшний день, однако, такого рода модели находятся еще на стадии эксперимента. Поиск в интернете позволит быстро получить большое количество разнообразных данных, которые могут помочь в расчетах по CAPM³⁴; примером может служить таблица 7.

Таблица 7: Сравнительные преимущества и недостатки местной и глобальной моделей CAPM

	Местная модель CAPM	Глобальная модель CAPM
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> – Прозрачность – Отражает ситуацию на местном рынке 	<ul style="list-style-type: none"> – Не зависит от наличия местных баз данных. Вместо них используются контрольные показатели – Использует более полные экономические данные
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> – Зависит от наличия баз данных – Необходимость сценария макроэкономической стабильности 	<ul style="list-style-type: none"> – Проблема сравнимости контрольных показателей – Использование странового риска, который характеризуется большой вариативностью – Процесс привлечения заемных средств и снижения их доли, происходящий между странами, не поддается точному учету

Источник: МСЭ.

В местной модели CAPM используются внутренние данные. Основными ее преимуществами является прозрачность, обусловленная широким признанием этой методики в академическом сообществе и среди участников рынка, а также точное отражение местного рынка. К числу недостатков местной модели CAPM можно отнести ее зависимость от наличия соответствующих баз данных и/или отсутствия сценария макроэкономической стабильности внутри страны.

В странах, где есть долгосрочная экономическая стабильность, рассчитанные на длительный период финансовые индексы и стабильные активы, рекомендуется применять местную модель CAPM.

Преобразование номинального значения WACC в реальное

Оценив WACC в номинальном выражении, следует затем дисконтировать этот параметр на инфляцию за соответствующий период, чтобы получить WACC в реальном выражении, используя так называемую формулу Фишера:

³⁴ Полезные рекомендации приведены здесь: http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/home.htm.

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

где:

$WACC_{Real}$ – реальное значение WACC;

$WACC_{Nominal}$ – номинальное значение WACC;

π – коэффициент инфляции.

Простое вычитание коэффициента инфляции из номинального значения WACC не даст правильного результата и скорее всего приведет к завышению реального значения WACC, хотя при относительно низких значениях процентной ставки и коэффициента инфляции погрешность будет мала.

Рекомендуется использовать прогнозные оценки инфляции, и в идеале – оценки за период, равный сроку погашения безрисковой облигации, хотя на практике это не всегда возможно из-за ограниченности горизонта прогнозирования инфляции.

Оценка WACC по глобальной модели CAPM

Премия за страновой риск: Премия за страновой риск 2,63% Damodaran

Безрисковая процентная ставка: Прибыль облигация США за 10 лет

Бета-коэффициент:

E/(D+E)	D/(D+E)	Всего	Налог	Бета-коэффициент без учета заемных средств	Бета-коэффициент с учетом заемных средств
70%	30%	100%	34,0%	0,768%	0,985%

Бета-коэффициент без учета заемных средств: Бета-коэффициент, Бета-коэффициент без учета заемных средств и другие показатели – Развивающиеся рынки из Damodaran

Оценка премии за рыночный риск:

Оценка премии за рыночный риск:

15 лет (2004 – 2018 гг.)	S&P500	США за 10 лет	MRP
	8,52%	0,97%	8,49%

Безрисковая облигация: 6,40% прибыли от безрисковой страновой облигации в конкретный срок

Разница на 28/01/2019

Облигации	Объем	Значение	Индивидуальная разница	Разница
Оператор А	151 500	10000	4,3%	6,89%
Оператор В	11 0000	10000	4,0%	
Оператор С	523 525	1000	13,4%	
Оператор D	100 000	10000	3,2%	
Оператор А	1500 000	1000	2,9%	
Оператор В	100 000	10000	3,9%	
Оператор С	2000	10000	40,0%	
Оператор D	150 000	1000	11,5%	
Оператор А	200 000	10000	8,3%	
Оператор В	2720	234700	26,1%	

Стоимость собственного капитала (Ke)	
Премия за страновой риск	2,63%
Безрисковая процентная ставка	2,66%
Бета-коэффициент	0,99
Оценка премии за рыночный риск (MRP)	8,49%
Оценка стоимости собственного капитала (Ke)	13,92%
Стоимость заемного капитала (Kd)	
Безрисковая облигация	6,40%
Разница	6,89%
Оценка стоимости заемного капитала	6,84%
Корпоративный коэффициент налогообложения	34%
Оценка стоимости заемного капитала "после налогообложения"	4,51%
D/(D+E)	
D/(D+E):	30%
E/(D+E):	70%
ВСЕГО:	100%
Коэффициент инфляции	
Цель инфляции США:	2,6%
Местная цель инфляции:	4,0%
WACC	
Средневзвешенная стоимость собственного капитала	9,74%
Средневзвешенная стоимость заемного капитала	1,35%
номинальный WACC	11,10%
Реальный WACC	6,82%

Источник: МСЭ.

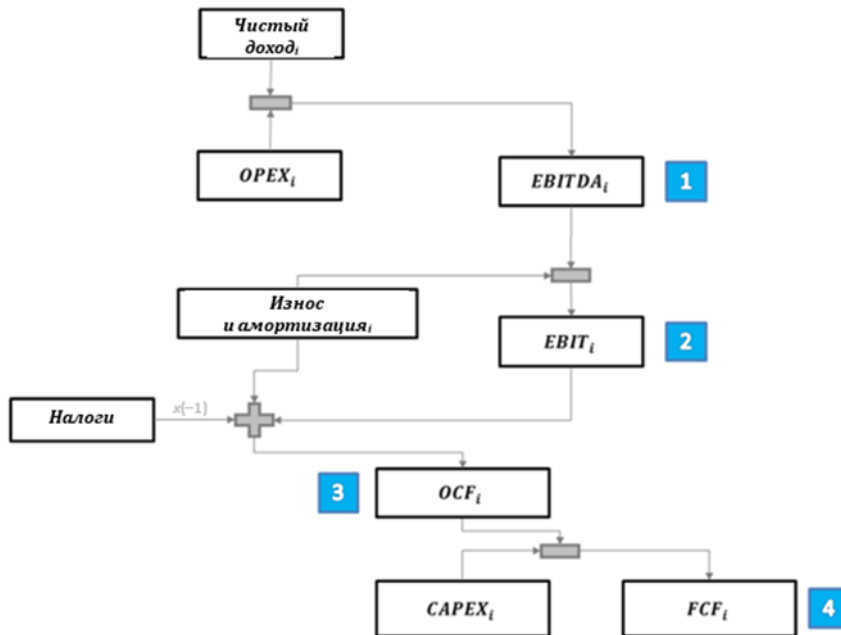
Примечание. – Приведенные значения даны лишь для примера.

Оценка чистой приведенной стоимости (NPV) проектов по созданию инфраструктуры широкополосной связи

Как говорилось в разделе, посвященном принципам бизнес-планирования, расчет чистой приведенной стоимости – важнейший результат процесса бизнес-планирования для регуляторных и директивных органов. При его расчете оценки CAPEX, OPEX, доходов и потока денежных средств на протяжении всего периода развертывания сети и предоставления услуг сводятся в единую экономическую формулу, призванную помочь точно оценить экономическую устойчивость и привлекательность инфраструктурного проекта, а также количественно охарактеризовать нехватку инфраструктуры широкополосной связи в стране.

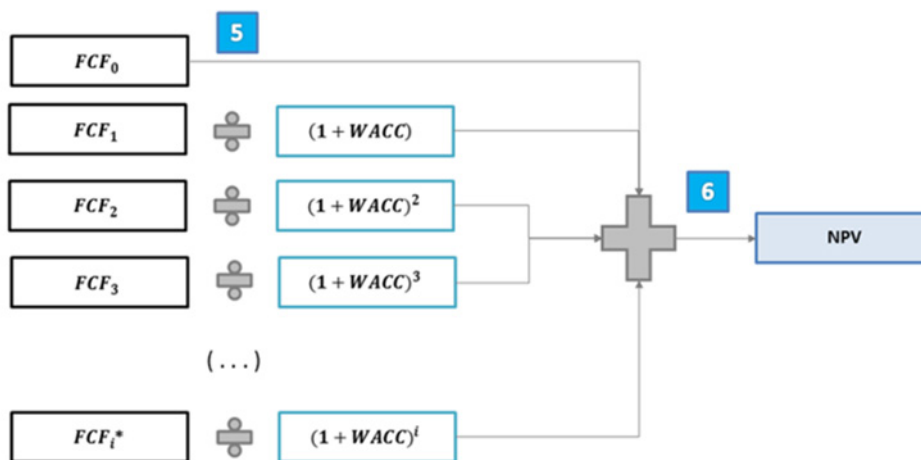
Чтобы обеспечить более глубокое понимание процесса расчета NPV инфраструктурного проекта, на рисунках 14 и 15 приведены схемы, где весь процесс разбит на шесть этапов, рассматриваемых подробно в следующем разделе.

Рисунок 14: Этапы 1–4 процесса расчета NPV



Источник: МСЭ.

Рисунок 15: Этапы 5–6 процесса расчета NPV



* Рассчитано с использованием остаточной стоимости без учета износа.

Источник: МСЭ.

На первом этапе процесса расчета NPV инфраструктурного проекта проводится оценка *прибыли до вычета налогов и процентов, износа и амортизации* (ЕВИТDА) за каждый год работы. Вычислить ее можно просто путем нахождения разности годовых оценок чистого дохода и ОПЕХ, полученных по методикам, уже представленным в настоящем комплекте материалов.

Второй этап заключается в оценке *прибыли до вычета налогов и процентов* (ЕВИТ), для чего из ЕВИТDА вычитают оценку износа и амортизации³⁵ (DА). Рассчитать DА за *i*-й год работы можно по формуле

³⁵ Процент и период износа и амортизации могут зависеть от конкретной страны.

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

где:

DA_i – износ и амортизация за i -й год работы;

$CAPEX_k$ – оценка CAPEX за k -й год работы;

t – средний срок службы активов (CAPEX) в годах или срок снижения стоимости активов в годах, установленный местными нормами бухгалтерского учета;

i – порядковый номер года работы (1, 2, 3 и т. д.).

Третий этап процесса расчета NPV – это оценка операционного денежного потока за каждый год с вычетом из EBITDA оценки суммарных налоговых выплат за соответствующий год, в котором величина EBIT положительная. Суммарные налоговые выплаты за год можно рассчитать по формуле

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

где:

T_i – общая сумма налоговых выплат, учитываемая в FCF за i -й год;

$EBIT_i$ – прибыль до вычета налогов и процентов за i -й год;

TR_{local} – местная ставка налогообложения прибыли оператора, бизнес-план которого оценивается.

Четвертый этап процесса расчета NPV инфраструктурного проекта – это определение результирующего свободного денежного потока (FCF) за каждый год работы, для чего достаточно из величины операционного денежного потока (OCF) вычесть полную величину CAPEX за i -й год.

Далее на пятом и шестом этапах по полученным значениям FCF за каждый год работы вычисляются значения NPV результирующих значений FCF за каждый год, суммирование которых дает значение NPV всего инфраструктурного проекта. Эти два последних этапа можно выполнить, произведя вычисления по формуле

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

где:

NPV – чистая приведенная стоимость инфраструктурного проекта;

FCF_i – результирующий свободный денежный поток за i -й год³⁶;

$WACC$ – средневзвешенная стоимость капитала;

Z – общий срок работы в годах, учитываемый при оценке инфраструктурного проекта.

³⁶ Остаточную величину не подлежащих амортизации активов необходимо прибавить к FCF за последний год работы, для чего достаточно из суммы CAPEX вычесть сумму износа и амортизации за этот год работы.

Расчет чистой приведенной стоимости (NPV)

Приведенный ниже пример иллюстрирует расчет чистой стоимости приведенной конкретного инфраструктурного проекта.

Расчет чистой приведенной стоимости (NPV)

Год	2018	2019	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Чистый доход (долл. США)	90 958	1 320 680	4 347 379	7 672 031	9 387 107	10 152 234	10 807 641	11 537 279	12 356 841	13 264 945
ОPEX (долл. США)	556 799	1 265 662	3 026 254	4 956 718	5 948 765	6 388 380	6 764 155	7 182 756	7 653 129	8 174 287
CAPEX (долл. США)	13 626 795	995 972	2 640 051	2 977 650	1 688 348	936 385	867 603	948 811	1 044 085	1 139 274
EBITDA (долл. США)	-465 841	55 018	1 321 125	2 715 314	3 438 343	3 763 854	4 043 486	4 354 523	4 703 722	5 090 658
Итого (например, 5 лет) (долл. США)	2 725 351	2 923 745	3 451 756	4 047 285	4 384 955	4 846 681	5 322 007	5 863 759	6 497 046	7 232 232
EBIT (долл. США)	-3 191 192	-2 868 727	-2 130 631	-1 331 973	-946 612	1 916 973	2 221 479	2 870 764	3 604 666	4 503 436
Налог (например, 25% от EBIT) (долл. США)	-	-	-	-	-	479 243	555 370	717 691	901 666	1 025 857
OCF (долл. США)	-465 841	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 (долл. США)	-14 092 596	-936 954	-1 318 926	-262 336	1 749 995	2 348 226	2 620 513	2 688 021	2 757 961	2 925 527
NPV (например, 5% от WACC) (долл. США)	-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
Полная NPV		(5 509 921)								

Источник: МСЭ.

Примечание. – Приведенные значения даны лишь для примера.

7 Механизмы финансирования, способствующие реализации проектов по созданию инфраструктуры широкополосной связи

Директивным органам, перед которыми стоит задача создать благоприятные условия для реализации проектов по созданию инфраструктуры широкополосной связи – по своему характеру в высшей степени капиталоемких и требующих огромных затрат на разработку, получение лицензий, развертывание сети, административную и операционную деятельность, – следует тщательно изучить альтернативные варианты финансирования, которые могло бы (или должно было бы) предлагать правительство, рассмотреть возможности получения для проекта частных кредитов на местном рынке, а также необходимые условия повышения привлекательности проекта для иностранных инвесторов.

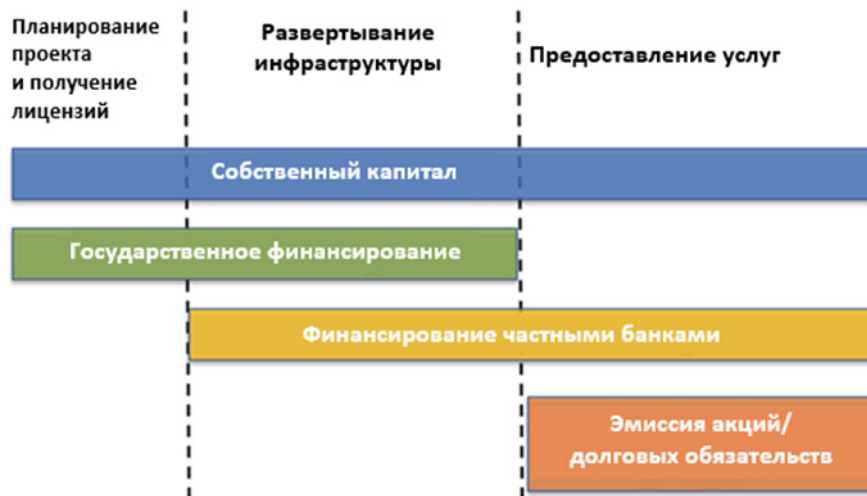
В тех случаях, когда оценка NPV инфраструктурного проекта указывает на низкую привлекательность развертывания сетей и предоставления услуг в зонах, определенных правительством в качестве приоритетных для инвестиций в инфраструктуру электросвязи, четкая картина имеющихся вариантов финансирования будет служить ключевым фактором оценки потенциального успеха или провала государственной политики.

Для того чтобы лучше понять механизмы финансирования крупных проектов по созданию инфраструктуры широкополосной связи и определить состав основных действующих сторон и необходимые условия для инвестиций, полезно разбить типичный проект в области электросвязи на три этапа калькуляции затрат:

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

Для каждого из этих этапов рассмотрим типичные механизмы финансирования инфраструктурных проектов – главным образом собственный капитал, государственное и частное финансирование, а также эмиссию акций и долговых обязательств.

Рисунок 16: Распределение типичных механизмов финансирования инфраструктурных проектов



Источник: МСЭ.

7.1 Механизмы финансирования на этапе планирования проекта и получения лицензий

Первый этап калькуляции затрат на проект по созданию инфраструктуры широкополосной связи с точки зрения компании включает в себя всестороннее изучение рынка, бизнес-планирование, проектирование и определение размера сетей и получение от правительства необходимых лицензий на осуществление деятельности, что в зависимости от характера проекта может предусматривать участие в открытых аукционах на приобретение дорогостоящих лицензий (например, на доступ к лицензируемому спектру и его использование).

На этом этапе, когда денежный поток не генерируется и сетевая инфраструктура еще не развернута, финансирование чаще всего осуществляется из собственного капитала или за счет государственных средств, поскольку доступ к кредитным ресурсам по обычным каналам финансирования затруднен в связи с высоким уровнем риска. Потенциальный оператор, заинтересованный в предоставлении услуг широкополосной связи в регионах, где планируется осуществлять программы в рамках государственной политики, может заказать исследование рынка, чтобы принять обоснованное решение в отношении экономической устойчивости предлагаемого правительством инфраструктурного проекта. Более того, правительство само может заказать такие исследования и опубликовать их результаты, чтобы вызвать интерес и привлечь как можно больше потенциальных операторов.

Как можно видеть на примере многих рынков, приобретение лицензий на использование спектра для беспроводных широкополосных сетей подвижной связи 4G LTE обычно стоит миллионы или даже миллиарды долларов США. Эти лицензионные платежи обычно выплачиваются из собственного капитала, но чтобы избежать расходования собственного капитала, который лучше было бы инвестировать в сетевую инфраструктуру, используется альтернативный подход – государственное финансирование лицензионных платежей (с рассрочкой на срок работы по проекту под низкий процент); такой подход способен привлечь не только крупных операторов, уже устоявшихся на национальном рынке, но и более мелкие компании, желающие выйти на рынок широкополосной подвижной связи.

Доступность государственного финансирования такого рода снижает барьеры для выхода на рынок и повышает экономическую привлекательность проекта по созданию инфраструктуры электросвязи. Кроме того, график оплаты, предусматривающий уплату лицензионных платежей за весь год работы одним ежегодным платежом, позволяет заинтересованным компаниям высвободить денежные средства для более активного инвестирования в развертывание сети.

Наконец, несмотря на обычно высокую стоимость кредита на первом этапе калькуляции затрат, операторы электросвязи, уже устоявшиеся на местном рынке, могут иметь налаженные тесные связи с участниками частного банковского рынка, у которых они могут уже на этом этапе получить кредит под разумные проценты.

7.2 Механизмы финансирования на этапе развертывания инфраструктуры

Этап развертывания сетевой инфраструктуры – наиболее капиталоемкий этап проектов по развитию широкополосной связи. Поэтому для поддержки развертывания пассивной и активной инфраструктуры во всех муниципалитетах, подпадающих под действие государственной политики, может использоваться сочетание нескольких механизмов финансирования.

Одним из вариантов финансирования на этом этапе несомненно является использование собственного капитала, но, как ни странно, он менее распространен в сравнении с другими. Обычно это связано с более высокой стоимостью собственного капитала относительно процентных ставок государственного и частного финансирования инвестиций в инфраструктурные проекты. Например, правительства большинства стран предоставляют налоговые стимулы для инвестиционного кредитования, что позволяет участникам частного банковского рынка предлагать инвестиционные кредиты по сниженным процентным ставкам. В стремлении содействовать созданию национальной инфраструктуры правительства и сами предлагают инвестиционное кредитование по субсидируемым процентным ставкам через банки развития.

По этим причинам инвестиционное кредитование силами государства и частного банковского рынка представляет собой наиболее важный механизм финансирования на высокочрезвычайном этапе развертывания сети, хотя этот механизм неизбежно используется в поддержку долгосрочных экономически устойчивых инфраструктурных проектов. Действительно, доступ к рынку частного инвестиционного кредитования обычно требует составления всеобъемлющих и тщательно проработанных бизнес-планов, обосновывающих экономическую жизнеспособность предлагаемого к финансированию инфраструктурного проекта.

Однако многие инфраструктурные проекты, включенные в программы в рамках государственной политики, по своему характеру экономически непривлекательны, и их реализация приводила бы к нежелательным эффектам вытеснения, то есть препятствовала бы частным инвестициям вследствие замещения их государственными. Для таких экономически непривлекательных инфраструктурных проектов важнейшим механизмом финансирования могут стать государственные субсидии. Такие субсидии могут прямо или косвенно применяться на местном рынке электросвязи для повышения привлекательности проекта.

Прямые субсидии могут предоставляться, например, через фонды обязательного универсального обслуживания, созданные специально для содействия развитию электросвязи, или посредством конкретных налоговых льгот для операторов, участвующих в проекте. Косвенное субсидирование может осуществляться, например, в форме снижения лицензионных платежей за использование спектра в обмен на обязательство развернуть инфраструктуру и предоставлять услуги в экономически непривлекательных районах, а также в форме преобразования начисленных операторам штрафов в такого рода обязательства.

Наконец, некоторые операторы могут использовать свое участие в новых проектах по развитию широкополосной связи для повышения рыночных ожиданий с расчетом на привлечение средств путем эмиссии акций и долговых обязательств, но по причинам, изложенным в пункте 7.3, этот механизм финансирования чаще используется на этапе предоставления услуг.

7.3 Механизмы финансирования на этапе предоставления услуг

Заключительный и самый длительный этап калькуляции затрат по проекту развития широкополосной связи начинается с ввода сети в эксплуатацию и предоставления услуг. Этот этап характеризуется интенсивным движением денежной наличности и потребностью в оборотном капитале для финансирования административных, операционных затрат и затрат на обслуживание, а также необходимостью постоянных инвестиций в расширение и модернизацию сети.

Учитывая, что оборотный капитал на рынках кредитования обычно дорог, нередко на эти цели расходуется собственный капитал. С другой стороны, из-за быстрого роста издержек упущенной выгоды, связанных с использованием собственного капитала для поддержки денежного потока в рамках долгосрочной деятельности, повышается привлекательность других механизмов долгосрочного финансирования, таких как эмиссия акций и долговых обязательств.

Действительно, поставленное на здоровую основу предприятие с надежным и растущим доходом может привлечь инвесторов, желающих получить справедливое вознаграждение по долгосрочным облигациям. Таким образом, чем солиднее операционный денежный поток, тем привлекательнее для компании будет возможность получить финансирование за счет эмиссии акций и долговых обязательств, поскольку

экономическая устойчивость предприятия отразится в повышении стоимости его акций и снижении процентной ставки по его облигациям.

Хотя частное банковское финансирование для поддержки необходимого на этом этапе оборотного капитала обычно стоит дорого, некоторые транснациональные операторы могут получить доступ на международный рынок кредитования и обеспечить финансирование для предоставления своих услуг по более низким процентным ставкам. Но в большинстве случаев привлечь международный капитал для развертывания широкополосных сетей будет нелегко, учитывая большое количество рисков – например, риск роста финансовых затрат, риск снижения спроса и риск колебания валютного курса.

На самом деле правительствам, желающим способствовать развертыванию широкополосных сетей в недостаточно обслуживаемых районах, можно порекомендовать создать тот или иной механизм, компенсирующий риск снижения спроса, – например, предоставить оператору финансовые гарантии для поддержки снижающихся доходов в случае падения спроса независимо от причин или обеспечить привязку сумм ежегодных лицензионных платежей к способности оператора генерировать доход в течение года.

Риск колебания валютного курса возникает, когда валюта, в которой было получено финансирование (будь то собственный капитал оператора или заемный капитал), отличается от валюты, в которой должны оплачиваться затраты по проекту. Одним из механизмов, к которому нередко прибегают правительства для компенсации этого риска, является валютное хеджирование, позволяющее смягчить влияние существенных колебаний валютного курса на бизнес-план оператора.

Риск роста финансовых затрат на протяжении проекта связан с возможным влиянием существенных колебаний среднерыночной процентной ставки на процентную ставку, по которой может быть привлечено финансирование внутри страны. Снизить этот риск правительства могут, например, путем заключения свопов на процентную ставку, что будет способствовать повышению экономической привлекательности инвестиционного проекта для иностранного капитала.

8 Выводы

Инфраструктура ИКТ представляет собой основу сегодняшней цифровой экономики и обладает огромным потенциалом по содействию прогрессу в деле достижения установленных ООН целей в области устойчивого развития и обеспечения существенного улучшения жизни людей.

Разработка бизнес-плана по развертыванию сетей ИКТ в необслуживаемых, отдаленных и сельских районах является весьма сложной задачей для директивных органов, которым необходимо учитывать такие вопросы, как сооружение, эксплуатация, перенос и дальнейшее развитие национальной и трансграничной инфраструктуры, относительные затраты на сооружение и развертывание сетей, а также оптимальные стратегии финансирования требуемых для этого инвестиций.

В настоящем комплекте материалов по бизнес-планированию инфраструктуры ИКТ сделана попытка рассмотреть каждый из ключевых факторов и передовых механизмов, связанных с планированием, оценкой затрат, спросом и доходами, а также выбором вариантов финансирования с особым упором на проекты по обслуживанию экономически непривлекательных районов. Он адресован Государствам – Членам МСЭ, нуждающимся в руководящих указаниях по составлению достоверных, внутренне согласованных и обоснованных бизнес-планов для расширения покрытия сетей и обеспечения устойчивости на перспективу.

С помощью этих руководящих указаний директивные и регуляторные органы смогут точно определить степень экономической нежизнеспособности проекта путем его чистой приведенной стоимости (NPV).

Директивным органам, стремящимся создать благоприятные условия для реализации обычно весьма капиталоемких по своей природе проектов по созданию инфраструктуры широкополосной связи, следует тщательно изучить варианты финансирования, которые могло бы предложить правительство, и возможности получения частных кредитов на местном рынке, чтобы лучше понять, какие условия необходимы для повышения привлекательности проекта для иностранных инвесторов. Особенно это важно в случаях, когда оценка NPV инфраструктурного проекта свидетельствует о непривлекательности

развертывания сетей и предоставления услуг в районах, определенных правительством в качестве приоритетных для инвестиций в инфраструктуру электросвязи.

В заключение подчеркнем еще раз четыре фундаментальных принципа составления всех бизнес-планов для целей государственной политики:

- в максимально возможной степени использовать открытые данные;
- использовать материалы исследований из международно признанных, заслуживающих доверия источников;
- применять поддающиеся проверке инструменты;
- быть консервативными в оценках.

Соблюдение этих рекомендаций важно для обеспечения доверия ко всему процессу в целом.

Учитывая сохраняющиеся внушительные пробелы в инфраструктуре ИКТ многих стран, в том числе самых высокоразвитых, авторы надеются, что настоящий комплект материалов сыграет важную роль в обеспечении широкополосной связью всех групп населения и внесет свой вклад в достижение установленных ООН целей в области устойчивого развития.

Перечень акронимов

ARPU	Average Revenue Per User		Средний доход на одного пользователя
CAPM	Capital Asset Pricing Model		Модель оценки капитальных активов
CAPEX	Capital Expenditure		Капитальные расходы
CPE	Customer Premises Equipment		Оборудование на площадях клиента
CRP	Country Risk Premium		Премия за страновой риск
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing		Плотное мультиплексирование с разделением по длине волны
DSL	Digital Subscriber Line	ЦАЛ	Цифровая абонентская линия
EBIT	Earnings Before Interest and Taxes		Прибыль до вычета налогов и процентов
EBITDA	Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization		Прибыль до вычета налогов и процентов, износа и амортизации
FTTH	Fibre to the home		Волоконные линии до жилого помещения
FTTO	Fibre to the office		Волоконные линии до офисного помещения
4G	Fourth Generation Standard		Стандарт четвертого поколения
FCF	Free Cash Flow		Свободный денежный поток
FAC	Full Allocated Cost		Метод полного распределения затрат
GDP	Gross Domestic Product	ВВП	Валовый внутренний продукт
GDPPC	Gross Domestic Product Per Capita		Валовый внутренний продукт на душу населения
HC	Home-connected		Подключенный дом
HP	Home-passed		Дом, готовый к подключению
HSPA	High Speed Packet Access		Высокоскоростной пакетный доступ
HFC	Hybrid Fibre Coax		Гибридная волоконно-коаксиальная сеть
ICT	Information and Communications Technology	ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers		Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IRR	Internal Rate of Return		Внутренняя норма рентабельности
LTE	Long Term Evolution		Технология долгосрочного развития
MOU	Minutes of Usage		Минуты пользования
MRP	Market Risk Premium		Премия за рыночный риск
NPV	Net Present Value		Чистая приведенная стоимость
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 устройство оптической сети
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
PPP	Public Private Partnership		Частно-государственное партнерство

QAM	Quadrature Amplitude Modulation		Квадратурная амплитудная модуляция
RAN	Radio Access Network		Сеть радиодоступа
R&D	Research and Development	НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
ROI	Return on Investment		Рентабельность инвестиций
RPM	Revenue per Minute		Средний доход на минуту
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
3G	Third Generation Standard		Стандарт третьего поколения
TCO	Total Cost of Operation		Совокупная стоимость владения
USF	Universal Service Fund		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*, NYU 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.

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.

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

База данных МСЭ "Око ИКТ". <http://www.itu.int/net4/itu-d/icteye/Default.aspx>

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

Основные данные МСЭ в области ИКТ за 2005–2018 годы. 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. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G/en>

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.

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/2DcitnT>.

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 Wi-Fi*, 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: bddirector@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 (DKH)**

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 des Almadies
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
TelOne Centre for Learning
Comer Samora Machel and
Hampton Road
P.O. Box BE 792
Belvedere Harare – Zimbabwe

Эл. почта: itu-harare@itu.int
Тел.: +263 4 77 5939
Тел.: +263 4 77 5941
Факс: +263 4 77 1257

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 Cia
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
Thailand Post Training Center
5th floor
111, Chaengwattana Road, Laksi
Bangkok 10210 – Thailand

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

Эл. почта: ituasiapacificregion@itu.int
Тел.: +66 2 575 0055
Факс: +66 2 575 3507

Индонезия

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

Mailing address:
c/o UNDP – P.O. Box 2338
Jakarta 10110 – Indonesia

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

СНГ

Российская Федерация

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

Эл. почта: itumoscov@itu.int
Тел.: +7 495 926 6070

Европа

Швейцария

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

Эл. почта: eurregion@itu.int
Тел.: +41 22 730 5467
Факс: +41 22 730 5484

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

ISBN 978-92-61-28884-6



Опубликовано в Швейцарии
Женева, 2019 г.

Фотографии представлены: Shutterstock