

RADIO INNOVATION

SWEDEN AB

Concepts for Technoeconomic Excellence

СУПЕРЭКОНОМИЧНОЕ ПОКРЫТИЕ

Технико-коммерческое предложение

Суперэкономичное покрытие — это стратегическое преимущество, за счёт снижения на 50–95% удельных капвложений и расходов позволяющее оператору подвижной сотовой радиосвязи высокорентабельно увеличить абонентскую базу, расширить географическое присутствие, поднять качество обслуживания (QoS) и повысить стоимость бизнеса.

Radio Innovation Sweden AB

Стокгольм, 2006

Doc 392-3.1 / Russian / Rev. 2008-06-03

© 2006 Radio Innovation Sweden AB. All rights reserved. This document is the proprietary and exclusive property of Radio Innovation Sweden AB except as otherwise indicated. No part of this document, in whole or in part, may be reproduced, stored or transmitted or used for design purposes without the prior written permission of Radio Innovation Sweden AB. The information in this document is for information purposes only and is subject to change without notice. Radio Innovation Sweden AB disclaims all warranties, express or implied, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose, except as provided for in a separate agreement. This document and any associated attachments may contain confidential information and must not be copied, disclosed or used by anyone other than the intended recipient. If you are not the intended recipient(s) please immediately destroy this document and any copies of it. Thank you for your assistance.

Уважаемый Читатель!

Предлагаем Вашему вниманию технико-коммерческое предложение «Суперэкономичное покрытие» от компании Radio Innovation Sweden AB. Настоящий документ является официальным предложением наших услуг для Вашей компании.

Суперэкономичное покрытие предоставляет Вашей компании уникальную и технически апробированную возможность стать ведущим оператором подвижной сотовой радиосвязи в Российской Федерации благодаря следующим гарантированным улучшениям:

1. Быстрый рост абонентской базы, выручки, прибыли и географического присутствия; улучшение финансового положения компании и привлекательности для инвесторов.
2. Высокая рентабельность бизнеса за счёт кардинального снижения стоимости сотовой инфраструктуры и эксплуатационных расходов на абонента и единицу площади сети.
3. Отличное качество связи: стабильно высокий уровень сигнала, высокая вероятность соединения, высокая скорость передачи, сниженное число потерянных вызовов.
4. Доступность услуг Вашей компании в малонаселённых и географически удалённых населённых пунктах РФ, в том числе в большинстве сельских населённых пунктов.
5. Ускоренное внедрение новых технологий (3G, 4G) на базе сотовой инфраструктуры, отвечающей будущим требованиям по уровню сигнала, ёмкости и скорости передачи.

Внутренняя норма доходности суперэкономичного покрытия составляет 179% при ARPU 6 \$, плотности абонентов 4 абон./км² и 100 МоU, позволяя Вам внедрять наши решения с минимальными стартовыми капитальными вложениями. В дальнейшем можно применять метод самофинансирования инвестиций за счёт высокой генерируемой валовой прибыли.

Надеюсь, что данное предложение заинтересует Вас и позволит начать взаимовыгодное и долгосрочное стратегическое партнёрство с нашей компанией в самое ближайшее время.

С искренним уважением,



Турбьёрн Йонсон
Президент Radio Innovation Sweden AB

Телефон: +46 (8) 750-78-30
Факс: +46 (8) 750-78-31
Эл. почта: tj@radioinnovation.se

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	4
1.1. Суперэкономичное покрытие	4
1.1.1. Предпосылки для внедрения	6
1.1.2. Долгосрочная перспективность	7
1.2. О компании Radio Innovation Sweden AB	9
1.2.1. Турбьёрн Йонсон — основатель компании	9
1.2.2. Апробированная бизнес-модель	12
2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ	13
2.1. Спектр решаемых задач	13
2.1.1. Коммерческие задачи	13
2.1.2. Технические задачи	14
2.2. Технические характеристики	15
2.2.1. Примеры правил	15
2.2.2. Антенна	16
2.2.3. Фидерный тракт	17
2.2.4. Антенная мачта	18
2.2.5. Базовая станция	19
2.2.6. Показатели эффективности	19
2.2.7. Электромагнитная совместимость	22
2.2.8. Результаты полевых испытаний	22
2.3. Экономические характеристики	24
2.3.1. Капитальные вложения	24
2.3.2. Эксплуатационные расходы	25
2.3.3. Валовая прибыль и сроки окупаемости	26
2.3.4. Рентабельность	27
2.3.5. Самофинансирование	28
3. КОММЕРЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ	30
3.1. Профессиональные услуги	30
3.1.1. Аудит возможностей	30
3.1.2. Моделирование и тестовый проект	32
3.1.3. Коммерческое внедрение	34
3.2. Варианты внедрения	35
3.2.1. Строительство новых сетей	35
3.2.2. Расширение существующих сетей	35
3.2.3. Модернизация существующих сетей	35
3.2.4. Увеличение ёмкости и площади городских сот	35
3.3. График и стоимость внедрения	36
4. ПРИЛОЖЕНИЯ	41
4.1. Технический конспект для GSM 870–960 МГц	41
4.2. Валовая прибыль в год на 1 км ² при ARPU 6, 4 и 2 USD	43
4.3. Срок окупаемости соты при ARPU 6, 4 и 2 USD	44

1. Введение

Мировой рынок сотовых систем подвижной радиосвязи растёт быстрыми темпами — при этом главным источником роста абонентской базы и доходов являются регионы с низким уровнем проникновения телефонных услуг. В мире 2–3 млрд. человек лишены всех видов телефонии несмотря на их желание и возможность платить за дешёвую связь. И в данной ситуации основной задачей для операторов является снижение затрат на строительство и эксплуатацию сотовой инфраструктуры в регионах с низким уровнем доходов или малой плотностью населения. Высокоэффективные инновационные решения от компании Radio Innovation Sweden AB помогают операторам успешно решать вышеупомянутую задачу.

1.1. Суперэкономичное покрытие

Суперэкономичное покрытие — это 50 «золотых правил» создания антенн и радиопокрытия, разработанных и успешно испытанных компанией Radio Innovation Sweden AB для операторов подвижной сотовой связи в стандартах GSM-960/1800/1900, CDMA-450/850 и UMTS-2170 с поддержкой всех стандартов/модуляций в диапазоне частот 380–3800 МГц.

Внедрение суперэкономичного покрытия приводит к кардинальному (50–95%) снижению удельных капитальных вложений и эксплуатационных затрат за счёт прироста площади сот в 10–30 раз и внедрения оптимизированных методов проектирования радиопокрытия. Концепция суперэкономичного покрытия превосходит стандартные технологии и методы по технической эффективности, целесообразности и уровню рентабельности.

При внедрении суперэкономичного покрытия число требуемых БС снижается в 10–20 раз при сохранении или увеличении уровня качества, позволяя демонтировать «лишние» БС и использовать их для расширения/строительства новой сети. Повышение эффективности использования ресурсов позволяет оператору снизить или приостановить закупки нового оборудования (БС и трансиверов), что приводит к экономии денежных средств, повышает рентабельность и стоимость бизнеса. Модернизация сот при помощи суперэкономичного покрытия приводит к повышению отказоустойчивости подсистемы радиодоступа за счёт внедрения современного и более надёжного оборудования. Также достигается снижение расходов на обслуживание, повышается время наработки на отказ и снижается суммарная стоимость владения сотовой сетью при сохранении/увеличении рентабельности бизнеса.

Концепция суперэкономичного покрытия предусматривает установку оптимизированных БС с максимально возможной ёмкостью 432 Эрл и сверхдальним радиусом действия — до 40 км для покрытия в зданиях. Себестоимость 1 км² сети на базе суперэкономичного покрытия на порядок ниже себестоимости сети, создаваемой более дешёвыми и менее качественными БС и антеннами. БС на базе суперэкономичного покрытия усиливают сигнал в прямом и обратном каналах, увеличивая энергетический баланс на 18–30 дБ с увеличением площади соты в 10–20 раз. Усиление в прямом канале составляет до 80 Вт на несущую, позволяя терминалам снижать расход энергии и уменьшать интерференцию.

БС на базе суперэкономичного покрытия характеризуются максимальным диапазоном увеличения ёмкости — со стартовой конфигурации на 7,5–15 Эрл до 432 Эрл (+2880%) в развитой сети, что обеспечивает максимальную адаптивную способность сети к любым демографическим, экономическим и стратегическим запросам современного рынка связи.

Суперэкономичное покрытие создаётся по аналогии с вещательными сетями, в которых мощный передатчик и высоко подвешенная антенна охватывают территорию в пределах прямой видимости радиусом 40–50 км (5000–8000 км²). Подобная транкинговая система «Алтай» (в обновлённой версии: «Волемот») работает в РФ (СССР) с начала 60-х годов в диапазоне 330 МГц для профессиональной подвижной радиосвязи (правительство, армия, силовые структуры, скорая помощь, погранвойска и т. д.).

Совмещение основных принципов транкинговой связи и сотового принципа позволило получить оптимальное решение для редконаселённых районов большой площади (Рис. 1).

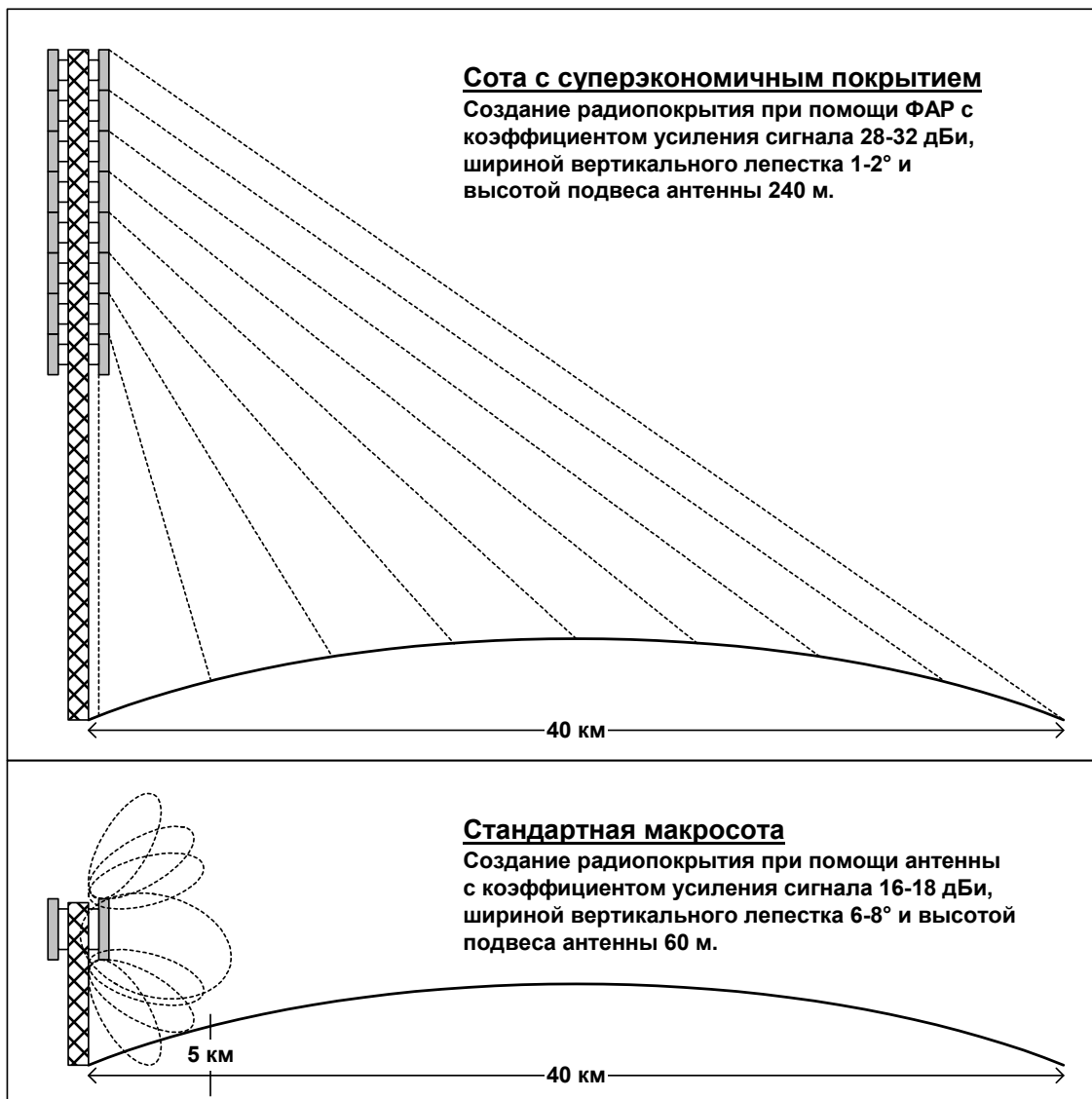


Рис. 1. Радиопокрытие стандартной макросоты и соты с суперэкономичным покрытием.

Масштабное внедрение суперэкономичного покрытия позволяет оператору в кратчайшие сроки и с минимальными капитальными вложениями развернуть голосовые услуги на обширных территориях, предоставляя миллионам людей возможность улучшить качество жизни, а оператору — освоить экономичную и высокорентабельную технологию, которая окажется ключевым элементом стратегии развития бизнеса на годы вперед. Инвестиции в суперэкономичное покрытие позволяют оператору использовать самофинансирование за счёт высокой внутренней нормы доходности — оператору требуется 15–25% от общего объёма капитальных вложений для запуска процесса самофинансирования проекта.

Суперэкономичное покрытие наиболее выгодно в регионах с низким уровнем расходов на связь (ARPU 1–4 USD), с отсутствующей или старой аналоговой инфраструктурой. В подобных регионах достижим наибольший эффект от сотовой инфраструктуры с низким уровнем капитальных вложений (50–150 USD/км²). Возможность наращивания ёмкости, сниженные на 50–95% эксплуатационные расходы, совместимость с новыми стандартами (GPRS, HSDPA, EVDO, WiMAX, UMB, OFDM/MIMO) позволяют уменьшить суммарную стоимость владения и работать на рынках с низкими доходами и плотностью населения.

1.1.1. Предпосылки для внедрения

Города и мегаполисы составляют 1–5% территории любой средней или крупной страны, чем, фактически, ограничивают область рентабельного применения стандартных антенн. Обеспечение покрытия за пределами крупных городов и магистральных дорог является главной областью применения суперэкономичного покрытия, гарантирующего высокую рентабельность в небольших городах, сельской местности, вдоль второстепенных дорог, в районах с низкой плотностью абонентов (1–5 абон./км²). По данным ООН, в сельской местности проживает около 40% населения мира¹; в Российской Федерации аналогичный показатель составляет 26,7% — или 39 миллионов человек². Этот показатель практически не менялся на протяжении 18-и лет после остановки процесса урбанизации в 1989 году. Всё сельское население РФ проживает в 142 203 населённых пунктах (Таблица 1).

Таблица 1. Группировка сельских населённых пунктов РФ по числу жителей.

Число жителей	Число сельских населённых пунктов	Численность населения
≤ 10	34 003	168 334
11–200	68 807	4 333 565
201–500	20 475	6 617 779
501–1000	10 836	7 570 618
1001–2000	5182	7 049 804
2001–5000	2093	6 267 529
> 5000	807	6 730 053
Всего	142 203	38 737 682

Услуги сотовой связи отсутствуют в большинстве сельских населённых пунктов РФ, что объясняется высокой стоимостью сотовой инфраструктуры и низкой или отрицательной рентабельностью стандартных сот за городом, не позволяющей операторам строить сети в малонаселённых и географически удалённых населённых пунктах. При этом жители сельских населённых пунктов зачастую являются вполне платёжеспособными и имеют неудовлетворённую потребность в современных телекоммуникационных услугах.

Сельские жители являются значительным резервом для увеличения абонентской базы для любого оператора подвижной сотовой связи. При помощи суперэкономичного покрытия оператор может приобрести превосходство над конкурентами, став первым оператором в таких регионах — обеспечив себе лояльность абонентов, высокую узнаваемость торговой марки, прирост абонентской базы и плацдарм для экспансии в другие регионы. При этом рекордно низкий уровень капитальных вложений и эксплуатационных расходов позволит предложить минимальные тарифы новым абонентам — без ущерба для рентабельности.

Другой важной предпосылкой является отсутствие адекватного предложения от крупных поставщиков телекоммуникационного оборудования и антенн, сконцентрировавших свои усилия на высокодоходном рынке сотовой связи в городах, где их оборудование быстрее окупается и, соответственно, приносит больше прибыли. Однако, решения для городов не подходят по своим технико-экономическим параметрам для обширных регионов с более низкой плотностью населения. При этом поставщики не желают кардинально уменьшать стоимость квадратного километра радиопокрытия, опасаясь снижения продаж их более дорогих решений и массового перехода операторов на более экономичные технологии. В этой ситуации решение от Radio Innovation Sweden AB — суперэкономичное покрытие — даёт операторам свободу выбора и возможность кардинально снизить свои расходы.

¹ ООН, Демографический ежегодник, <http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dyb2.htm>

² Всероссийская перепись населения 2002 года, <http://www.perepis2002.ru>

1.1.2. Долгосрочная перспективность

Суперэкономичное покрытие способно открыть новые горизонты для бизнеса операторов подвижной сотовой связи и самым благотворным образом повлиять на экономическую и социальную обстановку в Российской Федерации. Для операторов — это рентабельное и быстрое увеличение абонентской базы, расширение географического присутствия за счёт малонаселённых и географически удалённых населённых пунктов. Это справедливо не только для Сибири и Дальнего Востока, но и для Центральной России, Поволжья, Урала и других регионов, где в большинстве случаев качественная сотовая связь доступна лишь в городах, пригородах и районах с высокой плотностью населения — на Рис. 2 приведена карта РФ с уровнями плотности населения на 2002 год. Процесс создания или улучшения радиопокрытия в менее плотно населённых регионах может занять несколько лет.



Рис. 2. Группировка субъектов Российской Федерации по численности населения.

Для пользователей подвижной сотовой связи суперэкономичное покрытие несёт с собой новый уровень доступности, мобильности, скорости. Люди смогут общаться эффективнее и общество станет более коммуникабельным — а это предпосылки для развития малого и среднего бизнеса, где оперативность обмена информацией играет важную роль наравне с качеством телекоммуникаций; это благоприятные предпосылки для плотного освоения отдалённых районов, лишённых связи в настоящее время; это доступность связи намного большему числу людей, открывающая для каждого из них новые возможности в жизни.

Совместимость с новыми технологиями, гибкость в наращивании ёмкости, обеспечение необходимого уровня сигнала для мобильного телевидения, высокоскоростной передачи данных и видеотелефонии — всё это позволяет говорить о суперэкономичном покрытии как полностью отвечающем современным и будущим требованиям подвижной сотовой связи. Минимальные удельные капитальные вложения и готовый план по дальнейшему снижению стоимости ёмкости (с нынешних 8000 USD/Эрл до 500 USD/Эрл) гарантируют суперэкономичному покрытию долгосрочный резерв для развития. Эксплуатационные расходы на одного абонента возможно уменьшить до менее чем 1,5 USD/месяц, что даёт оператору конкурентное преимущество и возможность рентабельно работать в регионах с ARPU 2–4 USD. Данный аспект может также сыграть важную роль при выходе на рынки сотовой связи развивающихся стран с низкой покупательной способностью населения.

Растущая глобальная конкуренция на рынке подвижной сотовой связи ведёт к появлению новых приоритетов в бизнесе (Таблица 2) и более высоким требованиям к поставщикам телекоммуникационных систем и антенн для сотовой связи.

Таблица 2. Тенденции развития подвижной сотовой связи в мире (1990–2020 гг.).

Параметр	1990–2005 гг.	2005–2020 гг.
Операторы	Монополия / дуополия	Множество независимых
Движущий фактор	Технологии поставщиков	Требования абонентов
Стандарты	1G, 2G (NMT, GSM)	3G, 4G (UMTS, WiMAX)
Приоритеты	Наращивание ёмкости	Качество, ёмкость, затраты
Места использования	В автомобилях, на улице	В основном в помещениях
Голосовые услуги	Низкое качество (MOS 3)	Высокое качество (MOS 4, 5)
Качество сервиса	Хуже чем ТФОП/ОАКТС ³	Лучше чем ТФОП/ОАКТС
Задержки передачи	Долгие	Короткие
Деградация сигнала	Резкая (обрыв)	Постепенная
Набор услуг	Минимальный (голос, SMS)	Широкий (triple-play, FMC)
Целевые абоненты	Деловые люди	Все жители страны
Главные услуги	Голосовая связь	Передача данных, ТВ/видео
Ёмкость сети / км ²	Низкая	Высокая
Скорость передачи	12 кбит/с	64–384 кбит/с
Мощность терминала	2 Вт (макс.)	0,1 Вт (макс.)
Риск для ЭМС	Высокий	Низкий
Антенны	360°, 120°	Многосекторные, 22–60°
Ёмкость БС	8–60 Эрл	48–400 Эрл
Число ячеек / БС	1–3	3–32
Мощность БС (сред.)	4000 Вт	40–400 Вт
Объём БС / ёмкость	50 дм ³ /Эрл	0,5 дм ³ /Эрл
CAPEX/км ² (в зданиях)	2000–4000 USD/км ²	50–150 USD/км ²
CAPEX/Эрл	8000–10 000 USD/Эрл	250–500 USD/Эрл
CAPEX/абон.	100–600 USD/абон.	10–75 USD/абон.
Стоимость транспорта	Высокая	Снижающаяся
Экспл. затраты / МоU	0,020–0,040 USD/МоU	0,001–0,010 USD/МоU
Срок окупаемости БС	72–120 месяцев	12–24 месяцев
Электроэнергия / км ²	50–200 Вт/км ²	0,1–10 Вт/км ²
Использование	150 МоU	300 МоU
Проникновение	5–10%	50–80%
Инфраструктура	Капвложения в свою сеть	Аренда сетей (SLA, MVNO)

Концепция суперэкономичного покрытия была разработана компанией Radio Innovation Sweden AB с целью ускорения реализации приведённых выше тенденций развития, при этом обеспечивая высокую производительность и перспективность решений уже сегодня.

³ Общегосударственная автоматически коммутируемая телефонная сеть Российской Федерации.

1.2. О компании Radio Innovation Sweden AB

Компания Radio Innovation Sweden AB («Рэдио Инновэйшн Свиден АБ») является ЗАО, зарегистрированным в Швеции (рег. № 556621-8011) с уставным капиталом 250 000 USD. Офис компании находится в научно-исследовательском пригороде Стокгольма — Щисте (Kista), являющегося международным центром разработки систем для подвижной связи. Основной вид деятельности компании — маркетинг и коммерческое внедрение решений на базе суперэкономичного покрытия, в промышленную разработку которого основатель компании за последние десять лет вложил более 30 млн. USD и сотни человеко-лет. Персонал компании имеет богатый опыт разработки базовых станций и антенно-фидерного оборудования, а также международный опыт развития бизнеса подвижной сотовой связи.

1.2.1. Турбьёрн Йонсон — основатель компании

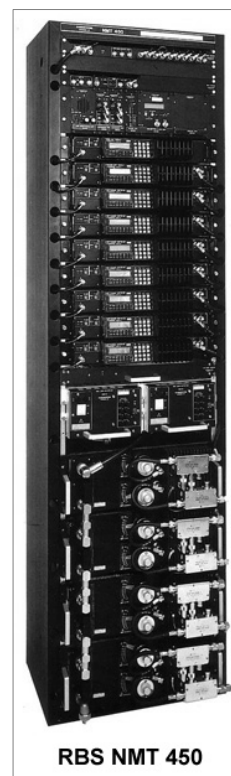


Турбьёрн Йонсон — легенда в области сотовой связи. Радиоинженер по образованию и призванию, он в течение последних 35-и лет возглавлял разработку, производство, сборку и коммерческие поставки 9-и поколений базовых станций (NMT-450 и NMT-900, GSM-960) и порядка 350-и модулей для антенно-фидерного тракта и транспортных линий. Г-н Йонсон являлся ведущим разработчиком и лидером глобального рынка БС для стандартов NMT-450 и NMT-900; имеет более 25-и патентов в области подвижной сотовой связи; разработал несколько поколений фазированных антенных решёток и создал оптимизированный для стандарта NMT-450 сотовый телефон с рекордно низким уровнем энергопотребления. Г-н Йонсон является лицензированным авиационным пилотом, увлекается яхтами и современной авиацией. Семья: жена Улла, дочь Ева и сын Кристиан.

Агентство почты и связи Швеции (1962–1964) — Турбьёрн Йонсон начал свою карьеру в государственной организации, разрабатывая и устанавливая радио- и телепередатчики.

Magnetic AB (1964–1978) — в этой небольшой компании г-н Йонсон разрабатывал транзисторные телепередатчики для шведского канала TV2. Работал консультантом: 1,5 года помогал Philips разрабатывать телепередатчики мощностью 40 кВт. Серия изделий для Magnetic AB включала также УВЧ ТВ-транспозеры мощностью 1000, 200, 100, 50 и 10 Вт. Г-н Йонсон разработал первое поколение оборудования для стандарта NMT-450 — фильтры, комбайнеры, распределители. Итого г-н Йонсон разработал и запустил в производство более 120 модулей.

Radiosystem Sweden AB (1978–1988) — первая компания Турбьёрна Йонсона была основана в 1978 году тремя единомышленниками для разработки и продажи оборудования для базовых станций стандарта NMT-450, а позднее и NMT-900. В июне 1981 года была выполнена первая поставка в Саудовскую Аравию в сотрудничестве с Ericsson. Компания превратилась в лидирующего разработчика и поставщика БС стандарта NMT-450/900, продавая свои системы по всему миру и лицензируя свои технологии компаниям Ericsson, Nokia и Philips. В 1984 году компания, за шесть лет достигнув оборота 10 млн. USD, была удостоена титула лучшей в Швеции в области электротехники. С 1985 года её акции котируются на бирже, а компания переехала в собственное 6-этажное административно-производственное здание площадью 10 000 м². Компания стала пионером экспортного направления шведской индустрии сотовой связи. В 1988 году г-н Йонсон продал компанию концерну Ericsson за 485 млн. SEK (84 млн. USD).



Ericsson Radio Access AB (1989–1994) — г-н Йонсон продолжил работать в Radiosystem Sweden AB, но уже в должности технического директора компании Ericsson Radio Access AB, в которую была позже переименована его компания. Под его руководством компания в 1995 году достигла годового торгового оборота 5 млрд. SEK (870 млн. USD), продавая решения, разработанные Турбьёрном Йонсоном в компании Radiosystem Sweden AB. Уже в должности технического вице-президента Ericsson, г-н Йонсон отвечал за новые системы радиодоступа и сравнительный анализ мирового рынка радиосистем. В этот период были налажены международные контакты с перспективными технологическими компаниями и поставщиками телекоммуникационного и радиоэлектронного оборудования. В 1990 году г-н Йонсон получил награду от министра промышленности Швеции и фонда NUTEK за инновационный вклад в развитие сотовой связи.



Radio Design AB (1995–2000) — компания была создана для фундаментальных исследований и практических разработок в области применения фазированных антенных решёток для стандарта NMT-450. Идеи Турбьёрна Йонсона о кардинальном увеличении покрытия не оказались востребованными внутри концерна Ericsson из-за угрозы снижения продаж стандартных решений, созданных также г-ном Йонсоном. Ericsson предпочёл инновационным идеям стандартный и успешно продающийся продукт, что стало поводом для Турбьёрна Йонсона отказаться от должности технического вице-президента Ericsson и снова создать свою собственную компанию — Radio Design AB.

За годы работы в новой компании, г-н Йонсон разработал малогабаритный телефон для стандарта NMT-450 с рекордно низким уровнем энергопотребления (на фото слева), были построены первые прототипы фазированных решёток для NMT-450, дуплексные фильтры и разветвители с низким уровнем шума. Однако, по причине экономических кризисов в Российской Федерации и странах Азии в 1998–1999 гг., потенциальные рынки для новых решений для систем NMT-450 оказались закрыты и компанию пришлось ликвидировать.

Radio Components Sweden AB (2000–2002) — стала 3-й компанией Турбьёрна Йонсона и следующим шагом на пути внедрения решений по улучшению радиопокрытия. Компания была основана в результате успешного тестового проекта со шведским оператором Tele2, который в настоящее время является основным акционером. Созданные Турбьёрном Йонсоном усилители сигнала для мачтовой установки (бустеры) позволили Tele2 сэкономить более тысячи базовых станций в сетях стандарта GSM-1800 — в основном в Российской Федерации и странах Восточной Европы. После смерти основателя Tele2 Яна Стенбека (2002) инновационный процесс в Radio Components Sweden AB приостановился, а новое руководство фактически прекратило техническое развитие, сделав акцент на рекламе.



Radio Innovation Sweden AB (с 2003) — 4-я компания г-на Йонсона, предлагающая операторам подвижной сотовой связи эффективные и экономичные комплексные решения и профессиональные услуги на основе суперэкономичного покрытия для стандартов GSM, CDMA, UMTS, WiMAX в частотном диапазоне 380–3800 МГц.

Радиоинженерная компетенция г-на Йонсона охватывает множество областей, связанных с сотовой подвижной радиосвязью и смежными дисциплинами (Таблица 3).

Таблица 3. Области компетенции Турбьёрна Йонсона.

Радио телекоммуникации	Смежные дисциплины
Проектирование радиосистем	Системы электропитания
Проектирование ТВ и радиопередатчиков	Принципы охлаждения
Проектирование антенных систем	Батареи, энергопотребление
Принципы распространения радиоволн	Солнечная и ветровая энергия
Антенны и формирование лепестков	Электромеханика
Фазированные антенные решётки	Двусторонняя SMD-технология
Дуплексные фильтры и комбайнеры	Блочная и модульная функциональность
Малощумящие усилители	Принципы повторного использования
Линейные усилители	Материаловедение
Коэффициенты шума, оптимизация	Современные радиокомпоненты
Архитектура и оптимизация БС	Использование лучших комплектующих
Широкополосные технологии	Высокопроизводительное оборудование
Микроволновые каналы связи	Быстрая разработка прототипов
GSM, CDMA, GPRS, EDGE, WCDMA	Проектирование в САД-системах
Технологии приёма сигнала	Технологии производства
Технологии передачи сигнала	Международные стандарты
Управляемые напряжением осцилляторы	Методы повышения эффективности
Преобразователи частоты	Контроль качества и статистика
Интермодуляция и коэффициент шума	Коммерческое внедрение технологий
Модемные технологии	Суммарная стоимость владения
Промежуточные частоты	Оптимизация результатов и затрат
Многоканальное усиление (MCPA)	Составление бюджета, финансирование
Снижение интерференции	Работа с субподрядчиками, закупки
Разнообразие каналов (Diversity)	Набор и управление персоналом
Контроль и сигнализация	Управление масштабными проектами
Транзисторы, полупроводники GaAs	Анализ рынков и систем сотовой связи
Ограничения оборудования и систем	Мировая конкурентоспособность
Факторы качества звукового сигнала	Мониторинг 30-и технических изданий
Параметры и ограничения телефонов	Штурман в океане сотовых технологий

Разработка и коммерческое внедрение суперэкономичного покрытия стали возможными исключительно благодаря 30-летнему опыту проектирования систем подвижной сотовой связи, накопленному Турбьёрном Йонсоном. Г-н Йонсон является признанным экспертом в области сотовой подвижной связи и антенно-фидерных технологий как в Скандинавии, так и в мировом масштабе. Почти полувековой стаж в сфере радио телекоммуникаций — от разработчика телепередатчиков и оборудования БС в компании Magnetic AB до вице-президента по технологиям концерна Ericsson — стал основой для успешной разработки концептуально нового метода проектирования экономичных подсистем радиодоступа для современных стандартов подвижной сотовой связи.

1.2.2. Апробированная бизнес-модель

Radio Innovation Sweden AB концентрирует свои усилия на продвижении решений на базе суперэкономичного покрытия, при этом производство, поставка, строительно-монтажные и пуско-наладочные работы выполняются лицензированными партнёрами в соответствии со строгими критериями качества и производительности. На сегодня компания уже имеет договорённости с ведущими производителями необходимых стандартных компонентов и производителями заказного оборудования — данные договорённости являются логичным следствием более чем 35-летнего опыта работы г-на Йонсона в области сотовой связи.

Бизнес-модель компании Radio Innovation Sweden AB опирается на предоставление всего цикла профессиональных услуг, связанных с внедрением в коммерческую эксплуатацию инновационных технологий — консультации, обучение, анализ, диагностика, разработка альтернативных бизнес-планов и стратегий развития бизнеса подвижной сотовой связи, разработка заказных спецификаций на оборудование, выбор поставщиков и размещение заказов на производство, координация партнёров на всех этапах внедрения решения. На Рис. 3 представлены участники бизнес-модели компании Radio Innovation Sweden AB.



Рис. 3. Бизнес-модель компании Radio Innovation Sweden AB.

Одной из целей компании Radio Innovation Sweden AB является развитие стратегического взаимовыгодного и долгосрочного партнёрства с операторами подвижной сотовой связи, так как получение по-настоящему значимых результатов требует тщательной и долгой совместной работы, основанной на доверии и полном взаимопонимании сторон.

Данная модель, апробированная ранее в компаниях Radio Design AB и Radio Components Sweden AB, позволяет компании Radio Innovation Sweden AB оперативно реагировать на все изменения рыночной конъюнктуры и максимально эффективно удовлетворять нужды своих клиентов — операторов подвижной сотовой связи. Подобный подход к разделению функций окупает себя в инновационном бизнесе, когда на первые места выходят высокое качество, максимальная надёжность и минимизация технических и коммерческих рисков. Специализация и кооперация вполне логичны, если учитывать сложность современного оборудования радиосвязи и высокие входные барьеры на рынок производства сотовых телекоммуникационных систем. Другими словами, компания Radio Innovation Sweden AB мобилизует имеющийся потенциал ведущих производителей, перенаправляя его в русло суперэкономичного покрытия и создавая взаимовыгодные отношения с партнёрами.

2. Техническое предложение

«Антенны — это незаслуженно забытые компоненты, от которых зависит прибыльность или убыточность бизнеса подвижной сотовой связи», — считает г-н Йонсон, основатель и президент Radio Innovation Sweden AB. При растущей ёмкости современных БС, антенны остаются простыми, немасштабируемыми и малоэффективными. Этот недостаток антенн стал причиной создания суперэкономичного покрытия, направленного на всестороннюю и сбалансированную оптимизацию технологий построения отдельных сот и радиосетей.

2.1. Спектр решаемых задач

Суперэкономичное покрытие решает множество задач — экономических, технических, социальных и политических. В данном предложении рассмотрены лишь коммерческие и технические задачи, стоящие перед операторами сотовой связи сегодня — и завтра.

2.1.1. Коммерческие задачи

Увеличение рыночной капитализации — для современных операторов важно показать своим владельцам и инвесторам долгосрочный потенциал для увеличения капитализации, в противном случае инвесторы выберут более перспективные объекты для размещения капитала. Учитывая высокую потребность сотового бизнеса в инвестициях, все решения, позволяющие поддерживать высокие темпы роста капитализации, приветствуются как руководством компании, так и её акционерами. Суперэкономичное покрытие позволяет оператору поднять капитализацию бизнеса в 2–3 раза за несколько лет за счёт снижения капитальных и эксплуатационных расходов и роста выручки, ведущих к росту прибыли и повышению стоимости акций при неизменном отношении цена/прибыль (P/E).

Снижение капитальных вложений (CAPEX) — капиталоемкость подвижной связи является ключевым параметром, влияющим на рентабельность и сроки окупаемости. В условиях, когда операторы вкладывают 1500 USD/км² в радиопокрытие, рентабельность достигается только в городах. Суперэкономичное покрытие предоставляет возможность кардинально снизить уровень капитальных вложений до 50–150 USD/км² при сохранении уровня качества, открывая оператору новые возможности для развития бизнеса в районах с низкой плотностью населения или покупательной способностью. Суперэкономичное покрытие позволяет отказаться от обычных сот, убыточных на 95–98% площади страны.

Снижение эксплуатационных расходов (OPEX) — сети для подвижной сотовой связи, построенные с применением стандартных антенн и методов планирования, насчитывают десятки тысяч БС и сотни тысяч трансиверов, потребляющих значительное количество электроэнергии и требующих больших человеческих, временных и финансовых ресурсов для нормальной работы. Эти расходы в виде себестоимости минуты пользования (MoU), ограничивают возможности оператора в установлении нижнего предела на свои тарифы. Снижение числа БС за счёт внедрения суперэкономичного покрытия позволяет снизить эксплуатационные расходы с типичных 0,030 USD/MoU до 0,003 USD/MoU, уменьшить время для обслуживания, повысить надёжность сети и облегчить повышение скорости передачи данных и ёмкости в будущем.

Высокорентабельный рост абонентской базы — большинство новых абонентов живут за пределами крупных городов: в пригородах, небольших городах, посёлках городского типа, сельских населённых пунктах и деревнях, где плотность абонентов падает до 4–10 человек на квадратный километр, делая стандартные антенные технологии убыточными. В таких регионах сотовая связь может стать наилучшим решением для предоставления услуг телефонии, не ограниченных физическими рамками проводных линий связи. При использовании суперэкономичного покрытия оператор освобождается и от финансовых рамок, получая высокую рентабельность бизнеса даже на редконаселённых территориях.

Повышение конкурентоспособности — в условиях растущей глобальной конкуренции операторы должны повышать свои конкурентные преимущества, догоняя, и, желательнее, опережая ведущих международных операторов по параметрам эффективности бизнеса. Успешная работа на рынках с низким уровнем ARPU требует дополнительных снижений затрат от оператора и поставщиков оборудования. Опережение конкурентов в выходе на новые быстрорастущие и перспективные рынки требует также низкой себестоимости от оператора. Суперэкономичное покрытие позволяет многократно ускорить строительство сетей, на порядок снизить удельные капитальные и эксплуатационные расходы, а также позволяет оператору сдавать сети в эксплуатацию быстрее консервативных конкурентов.

Выполнение требований регуляторов — лицензирующие организации часто требуют от операторов подвижной связи обеспечить своими услугами географически отдалённые регионы страны, в которых проводная связь отсутствует или не может быть развёрнута в силу географических или экономических причин. Суперэкономичное покрытие позволяет оператору рентабельно и в кратчайшие сроки полностью выполнять такие требования.

2.1.2. Технические задачи

Масштабируемость площади покрытия — обычные соты имеют ограниченный радиус и площадь покрытия, позволяющие оптимально использовать ёмкость БС лишь в районах с высокой плотностью абонентов (50–1000 абон./км²). Использование стандартных БС в сельской местности ведёт к снижению числа абонентов за счёт многократного снижения плотности абонентов (1–50 абон./км²), что приводит к недостаточному использованию потенциальной ёмкости БС. Суперэкономичное покрытие позволяет увеличить площадь сот в 10–30 раз, таким образом, получая и превышая необходимое количество абонентов и обеспечивая высокое качество связи. Максимально возможное количество абонентов в соте (10–40 тысяч) обеспечивает наивысшую рентабельность без ущерба для качества.

Масштабируемость ёмкости сот — сеть подвижной сотовой связи должна иметь запас прочности в плане наращивания ёмкости при увеличении трафика в будущем. Обычные соты в сельской местности, ограниченные площадью покрытия, имеют низкий запас по ёмкости (500–900%), в то время как соты на базе суперэкономичного покрытия обладают запасом по увеличению ёмкости в размере 2880% от начальной конфигурации. Подобная гибкость в настройке соты позволяет оптимально планировать ёмкость БС за пределами городов, в условиях резко меняющейся плотности населения и параметров трафика.

Снижение интерференции — возрастающее использование подвижной сотовой связи в городах и пригородах привело к засорению радиоэфира увеличившимся уровнем помех от базовых станций операторов. Простым электрическим наклоном стандартных антенн проблему решить можно лишь частично, так как диаграмма направленности стандартных антенн малоприспособлена для условий с высокой интерференцией. Используемые в системах на базе суперэкономичного покрытия антенны формируют в несколько раз более чёткую границу соты, снижая частоту хэндоверов и минимизируя распространение радиосигнала за пределы соты, что достигается за счёт применения вертикального лепестка шириной 1–2°. Суперэкономичное покрытие уменьшает напряжённость поля в ближней зоне БС в 50 раз по сравнению со стандартными антеннами, уровень сигнала которых в 1000 раз превышает уровень, необходимый для работы подвижных терминалов. Соответственно, суперэкономичное покрытие позволяет подвижным терминалам снизить уровень своей излучаемой мощности, что приводит к снижению общего уровня интерференции в соте.

Повышение КПД транкинга — нагрузка в большинстве сот в современных сетях не превышает 5–30 Эрл в час наивысшей нагрузки, что составляет 2–20% от потенциальной ёмкости. Ситуация намного хуже для сельских сот, использующих стандартные антенны и БС без оптимизации для значительно меньшей плотности абонентов. Системы на базе суперэкономичного покрытия решают данную задачу за счёт увеличения КПД транкинга с 25% до 75% от потенциальной ёмкости, и выше при использовании частотных скачков.

Упрощение подсистемы радиодоступа — чем проще система, тем легче ей управлять и поддерживать в рабочем состоянии. Оптимизация и максимально возможное упрощение сети часто является одной из основных задач, стоящих перед техническим руководством. Суперэкономичное покрытие позволяет снизить удельное количество БС и трансиверов, необходимых на единицу площади в районах с низкой плотностью населения.

Совместимость с будущими технологиями — капитальные вложения должны обладать максимально длительным периодом эксплуатации, что требует совместимости с новыми технологиями. Суперэкономичное покрытие учитывает требования новейших стандартов в плане скорости передачи данных, по уровню качества и экологической совместимости. Использование меньшего числа оптимизированных базовых станций облегчает переход на новые платформы (3G, 4G), позволяя быстрее настраивать подсистему радиодоступа.

2.2. Технические характеристики

2.2.1. Примеры правил

Правило № 1: Конвертация снижения потерь в площадь покрытия — правило определяет важность каждого децибела для площади соты: снижение потерь на 1 дБ увеличивает сигнал на 25%. Данное правило основано на модели Окумура-Хата с корректирующими коэффициентами для учёта разных типов земной поверхности: равнинной, частично холмистой и холмистой. В качестве базы для сравнения взята обычная сота с 3-я стандартными (17,5 дБи) антеннами, установленными на мачте высотой 50 м, обеспечивающая площадь 80 км² для приёма в зданиях с уровнем сигнала $S_2 \geq -85$ дБм (Таблица 4).

Таблица 4. Зависимость площади покрытия соты от снижения потерь (GSM-960).

Сравниваемая конфигурация соты стандарта GSM-960	Коэффициент усиления сигнала		Экспонента распространения			
	Коэф.	дБ	3,0	3,5	4,0	5,0
			Площадь соты ($S_2 \geq -85$ дБм), км ²			
СЭП-сота RI-2951	2951	+34,7	16 460	7690	4346	1955
СЭП-сота RI-457	457	+26,6	4747	2649	1710	927
СЭП-сота RI-18	18	+12,6	553	420	341	255
Expander (Ericsson)	6,3	+8	273	229	201	167
Стд. ант. + ТМА + ТМВ	2,5	+4	148	135	127	116
Стд. ант. + коакс. каб.	1	0	80	80	80	80

Правило № 2: Принцип «Робин Гуда» — метод получения более равномерного уровня принимаемого сигнала за счёт перераспределения сигнала из ближней зоны в дальнюю. Стандартная антенна излучает в ближнюю зону избыточный более чем в 1000 раз сигнал, посылая 26% мощности в небо и обеспечивая радиус действия порядка 5 км. (Таблица 5). Антенна от Radio Innovation Sweden AB или идеальная антенна «Робин Гуд» направляют сигнал в среднюю и дальнюю зоны (5–20 км), увеличивая площадь соты в 10–30 раз.

Таблица 5. Распределение мощности сигнала: стандартная, RI и «Робин Гуд» антенны.

Расстояние от базовой станции	Стд. антенна 16,0 / 12,5 дБи	RI-антенна 28,6 дБи	«Робин Гуд» 39,6 дБи
0–2000 м	60%	9%	1%
2000–5000 м	10%	35%	6%
5000–20 000 м	4%	32%	90%
> 20 000 м (небо, +90°)	26%	24%	3%

Правила № 9 и 24: Апертурная эффективность антенны и мачты — правило адресует апертурную эффективность антенно-мачтовой системы, повышая её с 2% до 50% за счёт установки оптимизированной мачты и верхней секции, использования антенных панелей с улучшенными параметрами и снижения эффективной ветровой площади всех элементов системы. Таким образом повышается чувствительность обратного канала в 10–30 раз и пропускная способность прямого канала (за счёт мачты) возрастает в 4–10 раз.

Правила № 8 и 10: Снижение системного коэффициента шума — каскадирование по методу Фрииса для устранения системного шума, возникающего в кабеле и трансиверах; достигается снижение уровня шума в обратном канале до менее чем 1,0 дБ по сравнению с 2,5–6,5 дБ для обычных решений или их комбинации с маломушмящими усилителями.

Правило № 35: Ёмкость соты и КПД транкинга — КПД транкинга в сотах может быть повышен со стандартных 1,0–2,5 Эрл/трансивер до 4–6 Эрл/трансивер, снижая в 2–3 раза число требуемых трансиверов для данного трафика и уровня обслуживания (GoS).

2.2.2. Антенна

Основой суперэкономичного покрытия является фазированная антенная решётка (ФАР) цилиндрической формы с 3–24 секторами, состоящими из 8–12 уровней, образованных антенными панелями (алюминий) с размерами $2,5 \times 0,3 \times 0,2$ м, массой 15 кг. Количество антенных панелей: 24–288 шт. Высота ФАР в сборе: 20–30 м, внешний диаметр $\varnothing \geq 1,5$ м.

Фиксированная диаграмма направленности ФАР с асимметричными коэффициентами для заполнения нулей и отсекаания верхних лепестков создаётся 64-я диполями (8×8 или 16×4), размещёнными вертикально в каждом секторе с интервалом $0,9 \lambda$. Горизонтальная ширина луча в каждом секторе составляет 65° , 45° , 32° (Рис. 4) или 22° . Контроль над амплитудой и фазой сигнала реализован в устройствах фидерного тракта (см. ниже).

ФАР имеет коэффициент усиления сигнала 29–32 дБи, системный коэффициент шума на уровне 1 дБ и входную мощность до 80 Вт на несущую. По сравнению со стандартными антеннами, уровень сигнала в дальней зоне (5–30 км) повышен на 17–27 дБ, понижен на 10 дБ в ближней зоне (0–1 км) и оставлен без изменений в радиусе 1–5 км. Электрический наклон обычно составляет $-0,5^\circ$, а максимум лепестка достигается на удалении 7–10 км. Параметры ФАР типичны для всех стандартов в диапазоне частот 380–3800 МГц.

Антенна размещается на вершине антенной мачты или другой опорной конструкции при помощи специальной мачтовой секции и кронштейнов. Корпус каждой антенной панели закрыт всепогодным обтекателем. Монтаж антенн производится с высокой вертикальной точностью ($\pm 0,25^\circ$), обеспечиваемой оптимизацией всей антенно-мачтовой системы соты на базе суперэкономичного покрытия. Вертикальное размещение антенных панелей (до 12 шт.) на каждый сектор повышает апертурную эффективность антенны при приёме и передаче, а компактное размещение секторов (до 24-х) по окружности ФАР позволяет гибко наращивать ёмкость соты по мере увеличения трафика и роста числа абонентов.

Сота с фазированной антенной решёткой на базе суперэкономичного покрытия способна обслуживать до трёх операторов подвижной сотовой связи одновременно, поддерживая 36–96 трансиверов и 216–576 Эрл, — позволяя организовывать «**сотовые гостиницы**».

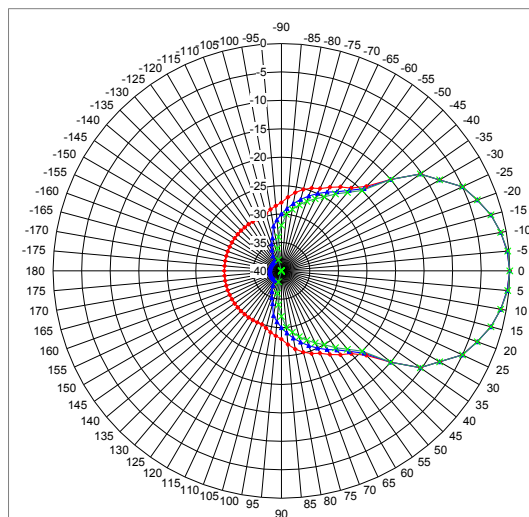


Рис. 4. Горизонтальная диаграмма направленности ФАР (ширина луча 32°).

Применение принципа «Робин Гуда» в ФАР (Рис. 5) приводит к более равномерному по сравнению со стандартными антеннами распределению напряжённости поля в ближней и дальней зонах и увеличению площади соты в 10–40 раз. ФАР поддерживает множественный ввод/вывод сигнала (MIMO — Multi-Input Multi-Output), соответствуя требованиям новых стандартов по уровню ёмкости и пропускной способности. ФАР также повышает соотношение сигнал/помеха и увеличивает пропускную способность соты за счёт точного многолучевого определения направления (DOA — Direction of Arrival) и быстрого отсеивания внедиапазонных помех. Подавление боковых и задних лепестков дополнительно увеличивает надёжность приёма сигнала и снижает число потерянных вызовов.

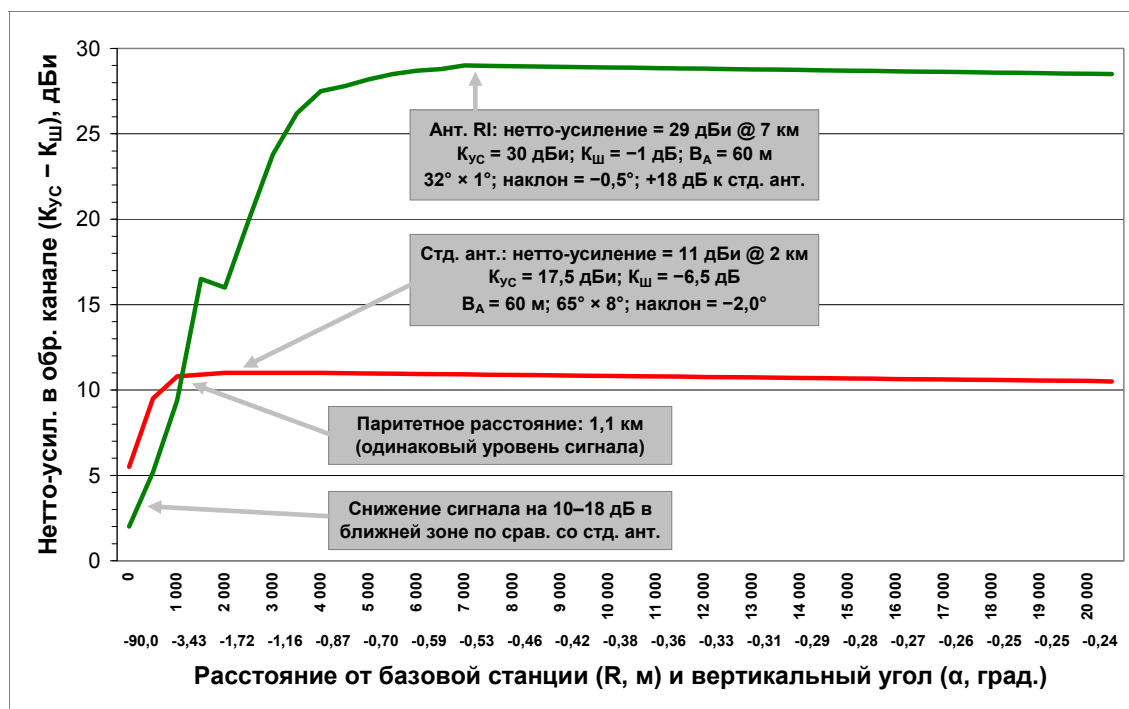


Рис. 5. Принцип «Робин Гуда» для суперэкономичного покрытия.

Конфигурация ФАР определяется исходными параметрами для каждого бизнес-сценария — уровнем рентабельности сети, сроком окупаемости, плотностью абонентов в регионе, уровнями исходной/планируемой ёмкости, уровнем ARPU, наличием удобных точек для размещения ФАР, условиями электромагнитной совместимости и другими факторами.

2.2.3. Фидерный тракт

Фидерный тракт сот на базе суперэкономичного покрытия состоит из оптимизированных компонентов — коаксиального кабеля диаметром 1/4–1/2”, активного формирователя диаграммы направленности вертикального лепестка (LLVLSU — Low-Loss Vertical Lobe Shaping Unit), усилителя мощности сигнала с низкой энергетической плотностью (LPDPA — Low Power Density Power Amplifier), дуплексного фильтра, комбайнера, разветвителя, сверхмаломощного усилителя (VLNA) и кабельных разъёмов. LLVLSU решает задачу построения соты при помощи ФАР и обеспечивает амплитудную сбалансированность для заполнения нулей в средней и дальней зонах, реализуя принцип «Робин Гуда».

Тонкий коаксиальный кабель снижает массу фидера, себестоимость и ветровую нагрузку, облегчает монтаж и уменьшает энергетические потери в тракте. Повышенное проходное затухание тонкого кабеля компенсируется усилителем мощности в прямом канале (80 Вт на несущую), установленном на вершине антенной мачты непосредственно за антенными панелями. Усиление в обратном канале производится при помощи сверхмаломощного усилителя с коэффициентом шума менее 1 дБ и расположенного за антенными панелями.

Дуплексные фильтры, комбайнеры и разветвители имеют минимальный уровень шума за счёт использования высококачественных компонентов и каскадирования сигнала. Фидер имеет высокий КПД — коэффициент стоячей волны по напряжению не превышает 1,15. Низкий показатель КСВН достигнут за счёт максимального согласования импеданса всех компонентов системы, что позволяет уменьшить энергетические потери, минимизировать риск выхода из строя высокочастотного оборудования БС и наиболее полно использовать возможности усилителя мощности и фазированной антенной решётки. Все компоненты проектируются с низкой энергоплотностью и конвекционным воздушным охлаждением, что дополнительно увеличивает экономичность и отказоустойчивость системы.

Использование активного формирователя вертикального лепестка (LLVLSU) позволяет оптимально настроить ФАР — перераспределить излучаемую мощность в соответствии с принципом «Робин Гуда» и обеспечить равномерную напряжённость электромагнитного поля в ближней, средней и дальней зонах. Вертикальная диаграмма направленности ФАР, реализуемая при помощи LLVLSU, показана на Рис. 6. Максимальная мощность сигнала достигается при наклоне $-0,5^\circ$. Мощность сигнала плавно понижается за счёт заполнения трёх нулей ($-3,125^\circ$, $-2,125^\circ$ и $-1,25^\circ$), при этом верхние лепестки ($> 1,25^\circ$) подавляются.

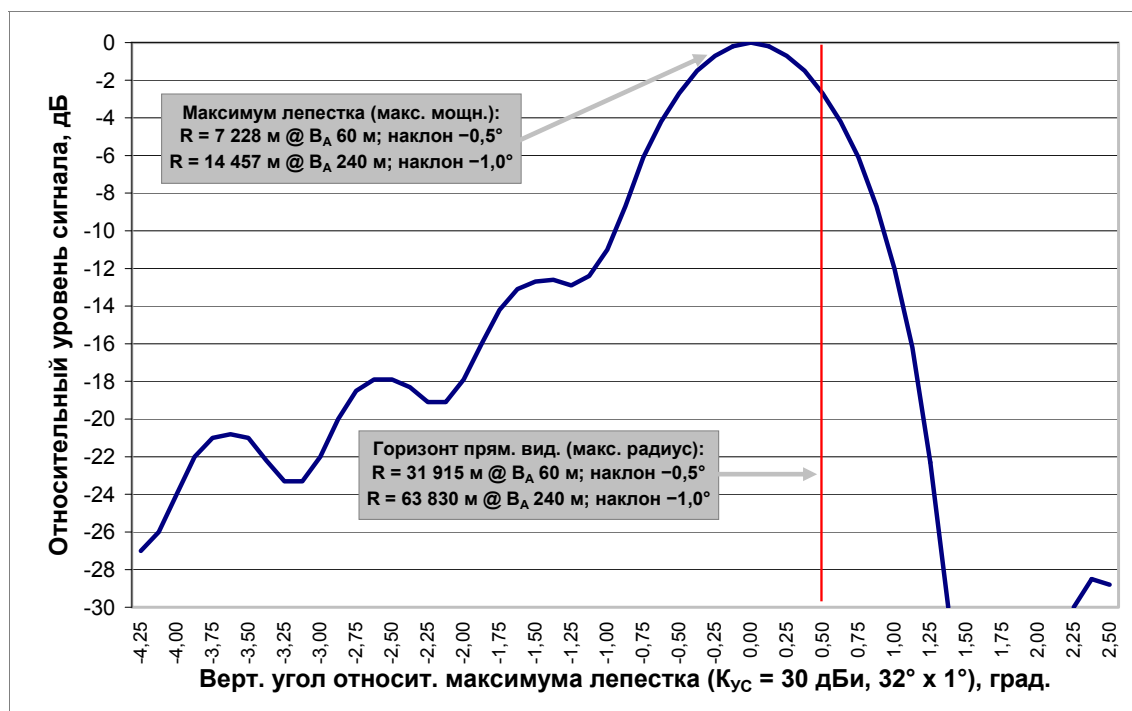


Рис. 6. Вертикальная диаграмма направленности ФАР.

2.2.4. Антенная мачта

Для монтажа ФАР и комплекта фидерного оборудования концепцией суперэкономичного покрытия предусмотрены оптимизированные мачты на оттяжках с полезной нагрузкой до 2500–3000 кг, высотой 60–480 м, высокой вертикальной точностью установки ($\pm 0,25^\circ$) и высокой сопротивляемостью ветровой нагрузке. Несущие элементы мачты выполняются из сверхпрочной стали круглого сечения с последующей гальванизацией, обеспечивая коррозионную устойчивость. Мачты комплектуются механическими или электрическими лебёдками, позволяющими проводить монтаж без автомобильного крана или вертолёта. Использование стандартных мачт, труб, башен и других конструкций возможно только после проверки их соответствия всем требованиям по жёсткости и полезной нагрузке.

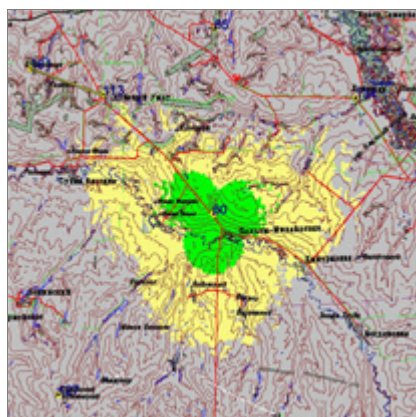
Использование высоких мачт и вершин холмов не является чем-то экстраординарным — телевизионные ретрансляционные мачты часто достигают в высоту 300–500 м, при этом полностью соответствуя всем нормам безопасности и электромагнитной совместимости. Применение высоких мачт позволяет реализовать преимущества принципа «Робин Гуда». За счёт многократного увеличения площади соты нивелируются отрицательные эффекты от возросшей площади земельного участка, необходимого для монтажа высокой мачты. Антенную мачту можно устанавливать в радиусе 4-х километров от расчётных координат без ущерба для качества покрытия, увеличивая экологическую совместимость.

2.2.5. Базовая станция

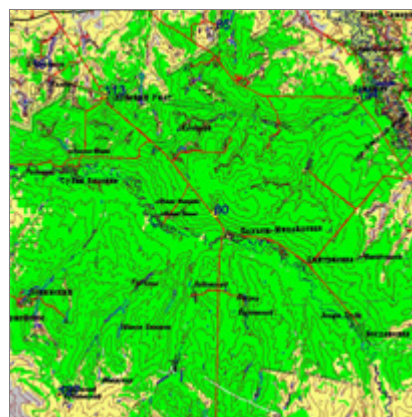
Концепция суперэкономичного покрытия предусматривает использование на начальном этапе стандартных базовых станций, имеющихся в распоряжении оператора. Системы на базе суперэкономичного покрытия на 100% совместимы со стандартным оборудованием БС (трансиверы; системы передачи данных, электропитания, регулирования температуры и мониторинга). В будущем планируется использование более экономичных (0,1 Вт) БС, имеющих меньшие размеры и более низкий уровень энергопотребления за счёт усиления сигнала на вершине мачты, а не в наземном блоке БС. Подобная конфигурация позволит снизить количество и стоимость потребляемой энергии и снизить стоимость наземного блока БС, который в настоящее время на 2/3 состоит из систем электропитания.

2.2.6. Показатели эффективности

Площадь соты — внедрение суперэкономичного покрытия увеличивает площадь соты в 10–40 раз по сравнению с БС с обычными антеннами, кабелями и планированием сети. Данное увеличение площади в равной степени относится к покрытию в помещениях и на открытой местности. Во всех расчётах напряжённости электромагнитного поля (модель Окумура-Хата) применялись корректирующие коэффициенты для сельской местности с учётом увеличенного расстояния между БС и подвижным терминалом, высоты подвеса антенны и учётом кривизны земной поверхности. На Рис. 7 показаны результаты расчёта суперэкономичного покрытия, выполненные с помощью программного пакета ONEPLAN RPLS™ для стандарта GSM-960 на базе работающей сети в Самарской области. Зелёным цветом выделена площадь хорошего покрытия в помещениях с уровнем сигнала не менее –85 дБм. Площадь ограничена по обратному каналу, отражая технические возможности антенны (ФАР) «слышать» подвижные терминалы на большой дистанции. Площадь соты была бы значительно больше без такого ограничения, так как ФАР обеспечивает высокий уровень сигнала в прямом канале, превосходящий чувствительность обратного канала. В данном примере площадь возросла в 34 раза с учётом всех необходимых ограничений.



Стандартная конфигурация
18 дБи, 3 сектора, мачта 120 м



Суперэкономичное покрытие
30 дБи, 6 секторов, мачта 240 м

Рис. 7. Результаты моделирования суперэкономичного покрытия (GSM-960).

На Рис. 8 показано сравнение площадей сот, получаемых при использовании различных конфигураций суперэкономичного покрытия, стандартных решений или альтернативного предложения от компании Ericsson. Все площади показаны для уровня сигнала не менее -85 дБм (покрытие в зданиях). Для сот на базе суперэкономичного покрытия (СЭП-сот) в качестве названия указан целочисленный коэффициент усиления сигнала по сравнению со стандартной антенной ($K_{yc} = 17,5$ дБи) с коаксиальным кабелем и 50-метровой мачтой.

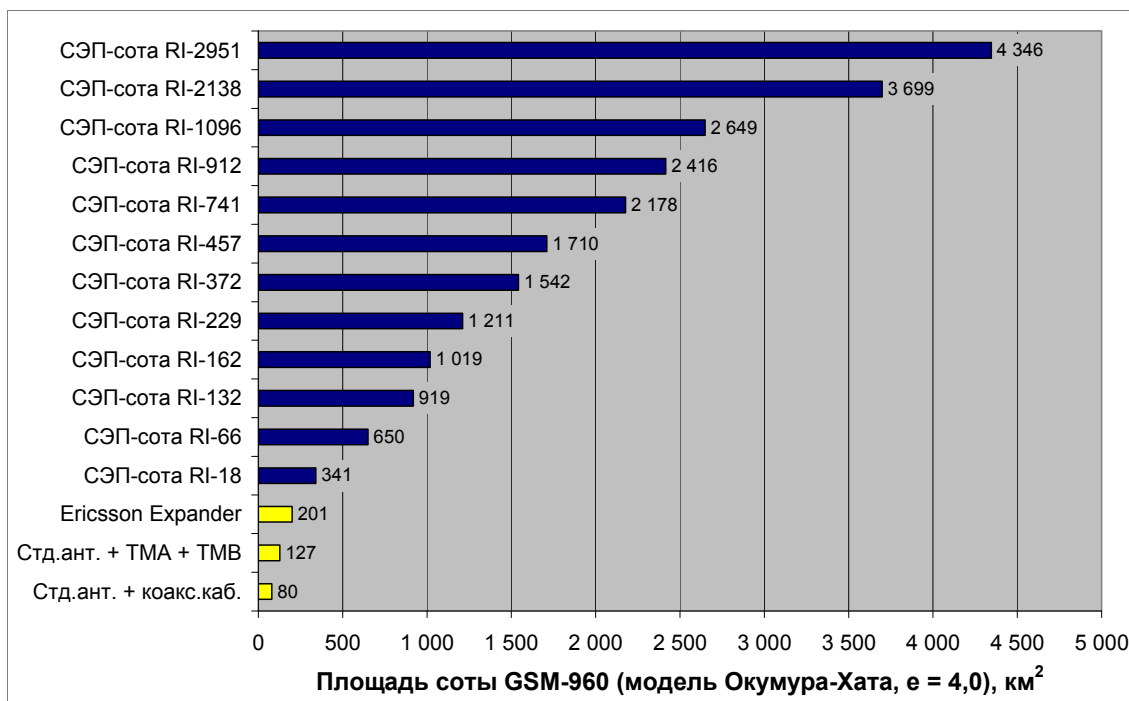


Рис. 8. Сравнение площадей сот (GSM-960).

Площадь сот на базе суперэкономичного покрытия на 1–1,5 порядка превосходит любые альтернативные наземные решения — обычные антенны с бустерами и малошумящими усилителями или малоэффективные и высокочатратные решения Expander™ от Ericsson.

Уровень качества — благодаря избыточному уровню сигнала в прямом канале в сотах на базе суперэкономичного покрытия уровень качества (QoS — Quality of Service) можно повысить на 4–5 дБ без ущерба для площади покрытия. Такое улучшение делает приём сигнала подвижным терминалом более уверенным, делая доступными высокие скорости передачи данных, необходимые современным стандартам (EDGE, GPRS, EVDO, HSDPA, UMTS, WiMAX), ориентированным на скоростную передачу данных, мультимедийные приложения, видеотелефонию и мобильное телевидение. Там, где стандартная антенна позволяет лишь сделать звонок на открытой местности, суперэкономичное покрытие даёт возможность использовать в зданиях весь спектр услуг на качественно более высоком уровне, что ведёт к увеличению времени пользования (MoU) и росту выручки (ARPU).

Качество также проявляется в виде сниженного удельного количества заблокированных вызовов и увеличения отношения сигнал/шум по причине уменьшения радиочастотной интерференции в зоне наложения соседних лепестков и между соседними БС. Подобный результат достигается применением узкого лепестка ($1-2^\circ$), более чёткой зоной хэндовера и более гибкими возможностями сот на базе суперэкономичного покрытия для изменения геометрии площади соты — каждый сектор и уровень ФАР может быть оптимизирован.

На Рис. 9 показан пример расчёта уровня сигнала в дБм на удалении 43,8 км от соты на базе суперэкономичного покрытия, выполненный в программном комплексе ONEPLAN RPLS™ для ФАР с коэффициентом усиления 30 дБи и высотой подвеса антенны 240 м.



Рис. 9. Уровень сигнала в сети с суперэкономичным покрытием (GSM-960).

Ёмкость соты и КПД транкинга — суперэкономичное покрытие позволяет увеличить ёмкость соты в 2–8 раз по сравнению со стандартными сотами, что приводит к снижению числа требуемых БС для радиоохвата данной площади и снижению удельной стоимости ёмкости со стандартных 8000 USD/Эрл до 2000, 1000, 500 USD/Эрл в течение 3–5 лет. За счёт увеличения площади сот уровень трафика в имеющихся трансиверах увеличивается в 2–3 раза (с 25% до 75%) без ущерба для уровня качества. Данный эффект от масштаба позволяет уменьшить число требуемых трансиверов в сети, перераспределив «лишние» TRX в другие соты (новые или для наращивания ёмкости), давая оператору возможность отложить покупку БС и трансиверов на несколько лет. В Таблице 6 показан метод выбора оптимальной конфигурации соты, исходя из плотности абонентов и уровня пользования (MoU). Синим цветом выделены оптимальные конфигурации с КПД транкинга на уровне 20–95% (выше — достигается ограничение по ёмкости), показывающие целесообразность суперэкономичного покрытия в регионах с плотностью абонентов менее 30 абон./км² — сельские населённые пункты, посёлки городского типа, второстепенные автодороги.

Таблица 6. КПД транкинга при различной плотности абонентов (GSM-960).

Конфигурация соты стандарта GSM-960	Макс. число аб. 100 MoU	Площадь соты, км ² ≥ -85 дБм	Плотность абонентов, человек/км ²									
			256	128	64	32	16	8	4	2	1	
			Число абонентов в сети и КПД транкинга									
СЭП RI-2951, 6 секторов	43 200 100,0%	4 346	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	34 768 80,5%	17 384 40,2%	8 692 20,1%	4 346 10,1%	
СЭП RI-2138, 9 секторов	64 800 100,0%	3 699	64 800 100,0%	64 800 100,0%	64 800 100,0%	64 800 100,0%	59 184 91,3%	29 592 45,7%	14 796 22,8%	7 398 11,4%	3 699 5,7%	
СЭП RI-1096, 9 секторов	64 800 100,0%	2 649	64 800 100,0%	64 800 100,0%	64 800 100,0%	64 800 100,0%	42 384 65,4%	21 192 32,7%	10 596 16,4%	5 298 8,2%	2 649 4,1%	
СЭП RI-912, 6 секторов	43 200 100,0%	2 416	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	38 656 89,5%	19 328 44,7%	9 664 22,4%	4 832 11,2%	2 416 5,6%	
СЭП RI-741, 6 секторов	43 200 100,0%	2 178	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	34 848 80,7%	17 424 40,3%	8 712 20,2%	4 356 10,1%	2 178 5,0%	
СЭП RI-457, 6 секторов	43 200 100,0%	1 710	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	43 200 100,0%	27 360 63,3%	13 680 31,7%	6 840 15,8%	3 420 7,9%	1 710 4,0%	
СЭП RI-372, 3 сектора	21 600 100,0%	1 542	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	12 336 57,1%	6 168 28,6%	3 084 14,3%	1 542 7,1%	
СЭП RI-229, 3 сектора	21 600 100,0%	1 211	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	19 376 89,7%	9 688 44,9%	4 844 22,4%	2 422 11,2%	1 211 5,6%	
СЭП RI-162, 3 сектора	21 600 100,0%	1 019	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	16 304 75,5%	8 152 37,7%	4 076 18,9%	2 038 9,4%	1 019 4,7%	
СЭП RI-132, 3 сектора	21 600 100,0%	919	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	14 704 68,1%	7 352 34,0%	3 676 17,0%	1 838 8,5%	919 4,3%	
СЭП RI-66, 3 сектора	21 600 100,0%	650	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	20 800 96,3%	10 400 48,1%	5 200 24,1%	2 600 12,0%	1 300 6,0%	650 3,0%	
СЭП RI-18, 3 сектора	21 600 100,0%	341	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	21 600 100,0%	10 912 50,5%	5 456 25,3%	2 728 12,6%	1 364 6,3%	682 3,2%	341 1,6%
Expander (Ericsson)	21 600 100,0%	201	21 600 100,0%	21 600 100,0%	12 864 59,6%	6 432 29,8%	3 216 14,9%	1 608 7,4%	804 3,7%	402 1,9%	201 0,9%	
Стд. ант. + TMA + TMB	21 600 100,0%	127	21 600 100,0%	16 256 75,3%	8 128 37,6%	4 064 18,8%	2 032 9,4%	1 016 4,7%	508 2,4%	254 1,2%	127 0,6%	
Стд. ант. + коакс. каб.	21 600 100,0%	80	20 480 94,8%	10 240 47,4%	5 120 23,7%	2 560 11,9%	1 280 5,9%	640 3,0%	320 1,5%	160 0,7%	80 0,4%	

Энергопотребление — «Эко-соты» с суперэкономичным покрытием имеют в 10–80 раз сниженное удельное потребление энергии (кВтч/км²/MoU) за счёт снижения количества базовых станций на единицу площади. Низкий уровень энергопотерь в фидере уменьшает в несколько раз потребность сот в электроэнергии в сравнении со стандартными сотами с коаксиальным кабелем диаметром 7/8". Суперэкономичное покрытие позволяет заменить линии электропередачи и дизельные генераторы на батареи с автономными источниками электроэнергии (солнечной и ветровой), монтируемыми на высокой антенной мачте.

2.2.7. Электромагнитная совместимость

Технические характеристики суперэкономичного покрытия, и фазированной антенной решётки в частности, на 100% соответствуют требованиям по эффективной изотропной излучаемой мощности (ЭИИМ) и плотности потока электромагнитной энергии (ППЭ) в Европейском Союзе и Российской Федерации. Соответствуя требованиям ITU и ICNIRP, средний уровень ППЭ в течение 30-и минут не превышает 3 Вт/м². Учитывая при этом высоту мачты в сотах на основе суперэкономичного покрытия и применение принципа «Робин Гуда», фактический уровень ППЭ в ближней и дальней зонах оказывается на порядок ниже, являясь безопасным для здоровья человека.

Показатель ЭИИМ для ФАР достигает 70–80 дБВт, превышая аналогичный показатель у стандартных антенн (50–60 дБВт). Однако, с учётом того, что ФАР состоит из отдельных антенных панелей, подлежащих индивидуальной сертификации, уровень ЭИИМ каждой панели сопоставим с ЭИИМ стандартной антенны с коэффициентом усиления 17,5 дБи. Данный подход не противоречит требованиям ГКРЧ РФ, так как каждая антенная панель в составе ФАР имеет индивидуальный угол наклона, выходную мощность, ширину луча и коэффициент усиления, — и является элементом, подлежащим сертификации. Итого, в совокупности, каждый сектор ФАР можно представить в виде «виртуальной антенны», состоящей из 8–12 отдельных панелей, удовлетворяющих всем требованиям по ЭМС. Подобная методика уже обсуждалась со специалистами по частотному планированию и консультантами в области электросвязи в профильных организациях в Москве, что даёт уверенность в возможности успешной сертификации суперэкономичного покрытия в РФ.

Уровень помех, создаваемых ФАР с высоким суммарным ЭИИМ, не превышает уровня помех, создаваемых стандартными антеннами, так как излучаемая мощность более точно распределена по площади соты за счёт узконаправленного вертикального лепестка (1–2°), образованного несколькими уровнями антенных панелей. Подавление верхних лепестков ФАР способствует снижению уровня помех, что важно для безопасности полётов.

2.2.8. Результаты полевых испытаний

Полевые испытания соты на базе суперэкономичного покрытия были проведены в 2001 году в Швеции для оператора подвижной сотовой связи Tele2 в стандарте GSM-1800. На 72-метровой мачте (Рис. 10) были смонтированы две антенные системы: (1) стандартная система с 3-я секторами и 7/8-дюймовым коаксиальным кабелем и (2) антенная система на базе суперэкономичного покрытия первого поколения с ФАР из 6-и секторов и увеличенным на 16 дБ энергетическим балансом. Измерения уровня сигнала проводились при помощи телефонов TEMS®. Проводились следующие измерения и испытания:

- Измерение уровня принятого сигнала в главном, боковых и заднем лепестках для случаев с неподвижными и движущимися телефонами.
- Сравнение уровней принятого сигнала на разных расстояниях от антенной мачты (0–15,5 км) для главного, боковых и задних лепестков, в т. ч. по разным азимутам.
- Сравнение статистического стандартного отклонения уровня принятого сигнала для разных положений измерительных телефонов в пределах главного лепестка.
- Тестирование эстафетной передачи между соседними лепестками одной соты.

На основе проведённых измерений и испытаний были получены следующие результаты:

- В ближней зоне, в радиусе менее 3-х км, где уровень сигнала от стандартной антенной системы был предсказуемо наибольшим, разница между уровнями принятого сигнала была меньше чем в дальней зоне. При этом уровень принятого сигнала от системы на базе суперэкономичного покрытия превышал -86 дБм во всех шести главных лепестках.
- В дальней зоне, в радиусе 3–15,5 км, уровень принятого сигнала от системы на базе суперэкономичного покрытия был выше уровня принятого сигнала от стандартной антенной системы на 13–17 дБ со средним значением 15,4 дБ. На расстоянии 11–15,5 км разница в уровне принятого сигнала была 15–17 дБ.
- Отклонения в уровне принятого сигнала для системы на базе суперэкономичного покрытия были такими же или даже ниже, чем отклонения для уровня принятого сигнала от стандартной антенной системы за исключением нескольких мест, где было зафиксировано незначительное превышение.
- Результаты тестирования хэндовера показали, что система на базе суперэкономичного покрытия обладает меньшим количеством хэндоверов и более чёткой границей зоны эстафетной передачи во всех лепестках.

По результатам полевых испытаний были сделаны следующие выводы:

- Абсолютный уровень сигнала, принятого от системы на базе суперэкономичного покрытия, стабильно превышал -86 дБм во всех главных лепестках в ближней зоне на более чем 95% площади, что отвечает требованиям стандартов GSM и UMTS по уровню качества для наружного покрытия.
- Система на базе суперэкономичного покрытия обеспечила увеличение уровня принятого сигнала на 13–17 дБ в дальней зоне, со средним значением 15,4 дБ.
- Отклонение уровня принятого сигнала фактически одинаково в обеих системах.
- Система на базе суперэкономичного покрытия обеспечила более чёткую и редкую эстафетную передачу (хэндовер).

Полевые испытания подтвердили расчётное увеличение площади соты в системе на базе суперэкономичного покрытия в 8,2 раза по сравнению со стандартной антенной системой за счёт увеличения энергетического баланса на 16 дБ в нисходящем канале. Дальнейшие расчёты на основе полученных экспериментальных данных показали, что площадь соты возросла более чем в 11 раз по сравнению со стандартной антенной системой.

Последующие расчёты, компьютерное моделирование и испытания отдельных элементов показали возможность увеличения площади соты в 10–50 раз за счёт увеличения числа уровней, дополнительной секторизации, увеличения высоты подвеса антенны, усиления сигнала в прямом и обратном каналах и амплитудной оптимизации вертикального луча. Эти улучшения легли в основу современной версии суперэкономичного покрытия.



Рис. 10. Тестовая сота GSM-1800 в г. Бьёрнлунда (оператор: Tele2).

2.3. Экономические характеристики

2.3.1. Капитальные вложения

Компания Radio Innovation Sweden AB оценивает требуемые для внедрения суперэкономичного покрытия капитальные вложения при помощи удельной величины, выраженной в долларах США на единицу площади ($\text{USD}/\text{км}^2$). Данный подход позволяет сравнивать уровни капитальных вложений для различных решений независимо от конфигурации или стоимости отдельных компонентов, что способствует объективной оценке экономической выгоды от суперэкономичного покрытия, традиционных и альтернативных решений.

Для всех конфигураций сот на основе суперэкономичного покрытия размер капитальных вложений определяется с учётом площади соты, на которой принимаемый сигнал имеет уровень не менее -85 дБм, требуемый для покрытия в помещениях. Самые эффективные конфигурации СЭП-сот имеют удельные капитальные вложения $50\text{--}150 \text{ USD}/\text{км}^2$, что на порядок меньше показателей для стандартных сот ($1500\text{--}2000 \text{ USD}/\text{км}^2$). Сравнительный пример себестоимости радиопокрытия «под ключ» для GSM-960 приведён на Рис. 11.

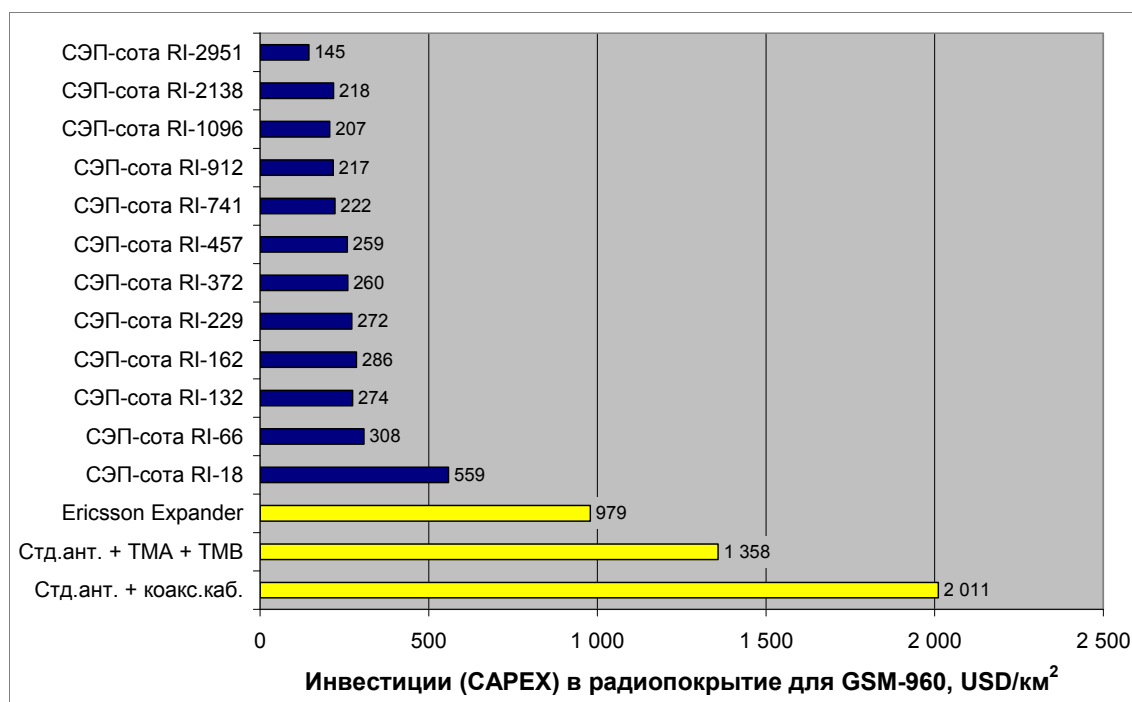


Рис. 11. Стоимость радиопокрытия «под ключ» для разных конфигураций сот.

Рекордно низкий уровень капитальных вложений в суперэкономичное покрытие снижает зависимость оператора от товарных и банковских кредитов, позволяя финансировать весь объём капитальных вложений из собственных средств или валовой прибыли. Повышение ликвидности способствует повышению кредитного рейтинга и рыночной капитализации оператора, улучшая инвестиционную привлекательность. Погашение товарных кредитов позволяет оператору отказаться от кабальных условий поставщиков, иногда требующих гарантий приобретения своего оборудования на длительную перспективу. Общеизвестны случаи, когда ведущие поставщики телекоммуникационных систем в договорной форме фиксировали удельные доли своего оборудования в суммарном объёме закупок сотового оператора, таким образом, нарушая принципы конкуренции и ограничивая возможности оператора приобретать более эффективные решения. Будучи связанным таким товарным кредитом, оператор вынужден платить за оборудование, потребность в котором отпадает или резко снижается по причине кардинальных изменений рыночной конъюнктуры.

2.3.2. Эксплуатационные расходы

Уровень эксплуатационных расходов составляет 20–24% в год от капитальных вложений в сеть радиодоступа на базе суперэкономичного покрытия, что в абсолютном выражении составляет на порядок меньшие расходы в расчёте на единицу площади, одного абонента или минуту пользования по сравнению со стандартными сотами. При этом уровень затрат на электроэнергию и амортизацию оборудования системы радиодоступа снижен в 2 раза с 12% и 10% для стандартных сот до 6% и 5% для сот с суперэкономичным покрытием. Таким образом, благодаря снижению капитальных вложений, увеличению сроков службы оборудования и повышению энергетической эффективности достигается десятикратное снижение себестоимости минуты пользования — с 0,030 USD/MoU до 0,003 USD/MoU. При столь низком уровне удельных эксплуатационных расходов оператор зарабатывает дополнительную прибыль при неизменном уровне ARPU, что позволяет снижать тарифы и рентабельно наращивать абонентскую базу в регионах с низкими уровнями доходов.

Снижение показателя USD/MoU для новых и развитых сетей различно. Для новых сетей достижение минимальной себестоимости занимает 2–6 лет, в течение которых показатель USD/MoU можно снизить в 10–30 раз до 0,001 USD/MoU. Для развитых сетей снижение себестоимости минуты пользования происходит медленнее (8–15 лет) и лишь до уровня в 4–16 раз ниже обычной себестоимости по причине высокой требуемой ёмкости сети.

Удельные расходы на единицу площади (ОРЕХ/км²/год) снижаются в 8–17 раз для сот на базе суперэкономичного покрытия (Рис. 12). Расходы на техническое обслуживание сети снижаются в 4–20 раз за счёт уменьшения числа БС в сети, при этом время наработки на отказ в расчёте на единицу площади (MTBF — Mean Time Between Failure) повышено в 10–40 раз (MTBF/км²). Данные результаты достижимы для разных уровней изначальной экономической эффективности бизнеса — так, операторы GSM-1800 и UMTS-2170 могут стать в 4 раза экономичнее операторов GSM-960, использующих стандартные соты.

Сниженная капиталоемкость и возросшая эффективность сети радиодоступа позволяют оператору снизить расходы на аренду земельных участков и помещений для БС, аренду транспортных каналов, снизить кредитные обязательства и процентные платежи по ним.

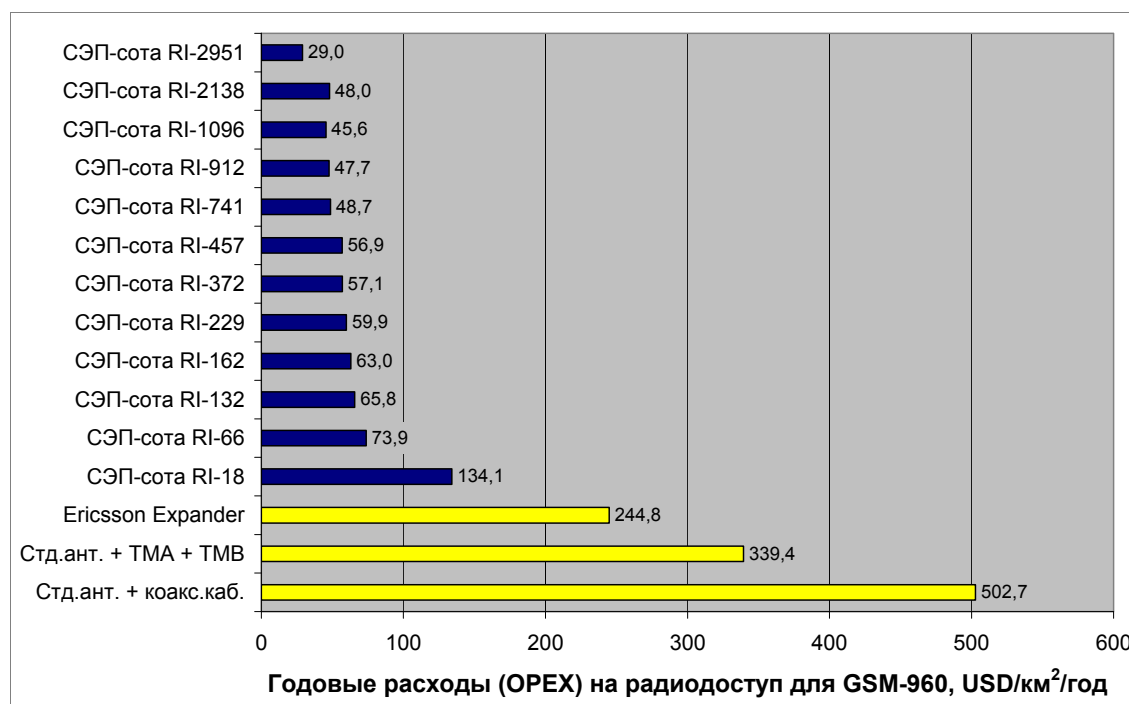


Рис. 12. Сравнение эксплуатационных расходов для разных конфигураций сот.

2.3.3. Валовая прибыль и сроки окупаемости

Важным показателем любого инвестиционного проекта является генерируемая валовая прибыль, получаемая как разность между выручкой и прямыми переменными расходами, связанными с проектом. Для расчёта валовой прибыли, создаваемой сетью радиодоступа на базе суперэкономичного покрытия, компания Radio Innovation Sweden AB использует следующую методику — определяется площадь соты, на которой уровень принимаемого сигнала составляет не менее -85 дБм, так как приоритетной задачей является покрытие в помещениях. Затем определяется количество абонентов в соте как минимальное значение из двух возможных вариантов — (1) произведения плотности абонентов на площадь соты и (2) максимального количества абонентов в соте при максимально возможной ёмкости и данном числе минут использования (MoU). Если первый вариант больше второго, то сота ограничена по ёмкости, если наоборот — то по площади покрытия. Зная число абонентов, можно определить валовую прибыль соты в год на единицу площади сети (Таблица 7).

Таблица 7. Пример расчёта удельной валовой прибыли и окупаемости (GSM-960).

№	Параметр	Обычная сота	СЭП, RI-457
1	Площадь покрытия ($S_2 \geq -85$ дБм; $e = 4,0$)	80 км ²	1710 км ²
2	Максимальная ёмкость	216 Эрл	432 Эрл
3	Использование в месяц (100 МоU)	0,01 Эрл/абон.	
4	Плотность абонентов	8 абон./км ²	
5	Число абонентов (1-й вариант), [1] × [4]	640 абон.	13 680 абон.
6	Макс. число абонентов (2-й вар.), [2] / [3]	21 600 абон.	43 200 абон.
7	Фактическое число абонентов, min([5];[6])	640 абон.	13 680 абон.
8	КПД транкинга, [100%] × [7] / [6]	3%	32%
9	Уровень выручки с абонента (ARPU)	5 USD/абон./мес.	
10	Годовая выручка, [7] × [9] × [12 мес.]	38 400 USD	820 800 USD
11	Капвложения в соту «под ключ» (CAPEX)	160 880 USD	442 890 USD
12	Эксплуатационные расходы в год / CAPEX	25%	22%
13	Эксплуатационные расходы в год, [11] × [12]	40 220 USD	97 436 USD
14	Валовая прибыль в год, [10] – [13]	–1820 USD	723 364 USD
15	Удельная валовая прибыль (УВП), [14] / [1]	–23 \$/км ² /год	423 \$/км ² /год
16	Окупаемость, [365 дней] × [11] / [14]	–32 264 дня	223 дня

Данные расчёты демонстрируют экономическую целесообразность использования сот с суперэкономичным покрытием в регионах с низкой плотностью абонентов. Технические характеристики сравниваемых стандартной соты и СЭП-соты RI-457 даны в Приложении № 4.1. Результаты расчёта удельной валовой прибыли для различных конфигураций сот, уровней плотности абонентов и уровней ARPU приведены в Приложении № 4.2.

Стандартная сота имеет отрицательный срок окупаемости в данном примере, что говорит об убыточности, требующей субсидий за счёт городских сот. Преимущество СЭП-сот тем больше, чем меньше плотность абонентов и уровень MoU. Безубыточность соты на базе суперэкономичного покрытия достигается при плотности абонентов 0,51–0,94 абон./км²; стандартной соте в сельской местности требуется 8,3 абон./км², а для обычной городской микросоты необходимо 41 абон./км² при ARPU 5 USD для достижения безубыточности в стандарте GSM-960. Сотам в стандарте GSM-1800/1900 или UMTS-2170 нужна плотность абонентов в 4–5 раз выше, а для CDMA-450 — в 2,5 раза меньше чем для GSM-960.

ФАР в сотах на базе суперэкономичного покрытия позволяет оператору или другому владельцу сотовой инфраструктуры извлекать дополнительную прибыль за счёт сдачи мачты и антенн в аренду 2–3 операторам, используя бизнес-модель «**СОТОВЫХ ГОСТИНИЦ**».

2.3.4. Рентабельность

Для определения целесообразности внедрения суперэкономичного покрытия рассмотрен бизнес-сценарий по обеспечению сотовой связью 38-и млн. жителей РФ, проживающих в сельских населённых пунктах. Приняв плотность населения в сельской местности равной 8 чел./км², уровень ARPU 6 \$ и уровень проникновения услуг 50%, получаем, что из 38-и млн. сельских жителей 19 млн. — это потенциальные абоненты. В этом случае наиболее доходной является сота RI-2951 с УВП 259 \$/км²/год (Приложение № 4.2; Таблицы 8 и 9).

Таблица 8. Расчёт параметров сети GSM-960 для сельских населённых пунктов РФ.

№	Параметр	Обычные соты	СЭП, RI-2951
1	Сельское население в РФ	38 000 000 чел.	
2	Плотность населения	8 чел./км ²	
3	Населённая территория, [1] / [2]	4 750 000 км ²	
4	Уровень проникновения	50%	
5	Число потенциальных абонентов, [1] × [4]	19 000 000 абон.	
6	Плотность абонентов, [5] / [3]	4 абон./км ²	
7	Средний уровень выручки (ARPU)	6 USD/абон./мес.	
8	Годовая выручка сети, [7] × [5] × [12 мес.]	1368 млн. USD/год	
9	Площадь соты ($S_2 \geq -85$ дБм; $e = 4,0$)	80 км ²	4346 км ²
10	Число требуемых сот, [3] / [9]	59 375 шт.	1093 шт.
11	Использование в месяц (100 MoU)	0,01 Эрл/абон.	
12	Интенсивность нагрузки в ЧНН, [5] × [11]	190 000 Эрл	
13	Максимальная ёмкость соты	216 Эрл	432 Эрл
14	Максимальная ёмкость сети, [10] × [13]	12 825 000 Эрл	472 176 Эрл
15	КПД транкинга, [100%] × [12] / [14]	1,5%	40,2%
16	Удельная валовая прибыль (УВП)	-215 \$/км ² /год	259 \$/км ² /год
17	Валовая прибыль сети в год, [3] × [16]	-1021 млн. \$/год	1230 млн. \$/год
18	Эксплуатационные расходы, [8] – [17]	2389 млн. \$/год	138 млн. \$/год
19	Капвложения в одну соту «под ключ»	160 880 USD	630 000 USD
20	Вложения в сеть радиодоступа, [10] × [19]	9500 млн. USD	689 млн. USD

Уровень эксплуатационных расходов суперэкономичного покрытия составляет 5,78% от 2,4 млрд. \$, которые требуются на эксплуатацию сети радиодоступа идентичной площади на базе стандартных сот. В данном случае OPEX снижен на 94,22%, а объём капитальных вложений «под ключ» для суперэкономичного покрытия составляет 7,25% от варианта со стандартными сотами — CAPEX снижен на 92,75% при идентичном уровне качества.

Таблица 9. Расчёт ЧДД и ВВД сети GSM-960 для сельских населённых пунктов РФ.

Параметр (млн. USD)	Календарный год							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Номинальные капитальные вложения в сеть радиодоступа	-\$689	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Номинальный денежный поток (валовая прибыль)	\$0	\$1230	\$1230	\$1230	\$1230	\$1230	\$1230	\$1230
Коэффициент дисконтирования при норме дисконта 25%	1,000	1,250	1,563	1,953	2,441	3,052	3,815	4,768
Приведённый денежный поток (валовая прибыль)	\$0	\$984	\$787	\$630	\$504	\$403	\$323	\$258
Чистый дисконтированный доход:	\$3200	Внутренняя норма доходности: 179%						

Данный расчёт ЧДД является упрощённым, так как в нём не учтены структура капитала оператора, долгосрочный эффект от налогов, индивидуальный рейтинг риска оператора (бета), денежные потоки после 7-го года и другие факторы, необходимые при детальном расчёте ЧДД. Также предполагается, что все капитальные вложения происходят за один год и количество абонентов сразу достигает расчётного уровня проникновения 50%, при этом не учитываются разные темпы роста абонентской базы в разные периоды и в разных регионах. 3,2 млрд. \$ — это сегодняшняя стоимость валовой прибыли, которую проект может создать после вычета капитальных вложений и эксплуатационных расходов. ВНД, при которой ЧДД = 0, достигает 179% — это в 7,14 раза больше нормы дисконта (25%), используемой для оценки проектов в области сотовой связи. Уровень рентабельности сот на базе суперэкономичного покрытия превосходит альтернативные наземные технологии для создания инфраструктуры сотовой связи в регионах с низкой плотностью абонентов.

2.3.5. Самофинансирование

Высокая внутренняя норма доходности (150–200%) и быстрая окупаемость капитальных вложений позволяют внедрять решения на базе суперэкономичного покрытия с помощью метода самофинансирования — с предельно низкими объёмами стартовых капитальных вложений и финансированием 75–85% объёма инвестиций за счёт валовой прибыли. В качестве примера приведён вариант строительства сети радиодоступа на базе СЭП-соты RI-2951 с УВП 259 \$/км²/год и площадью покрытия 4346 км² при уровне сигнала не менее –85 дБм (Таблица 10). Установив «под ключ» 10 сот стоимостью 6,3 млн. \$ за 1-й месяц, оператор получает валовую прибыль во 2-м месяце в размере 937 867 \$, достаточную для строительства 11-й соты и начала монтажа 12-й соты. За счёт валовой прибыли, растущей в геометрической прогрессии (коэф. 1,1489), растёт площадь сети и число абонентов.

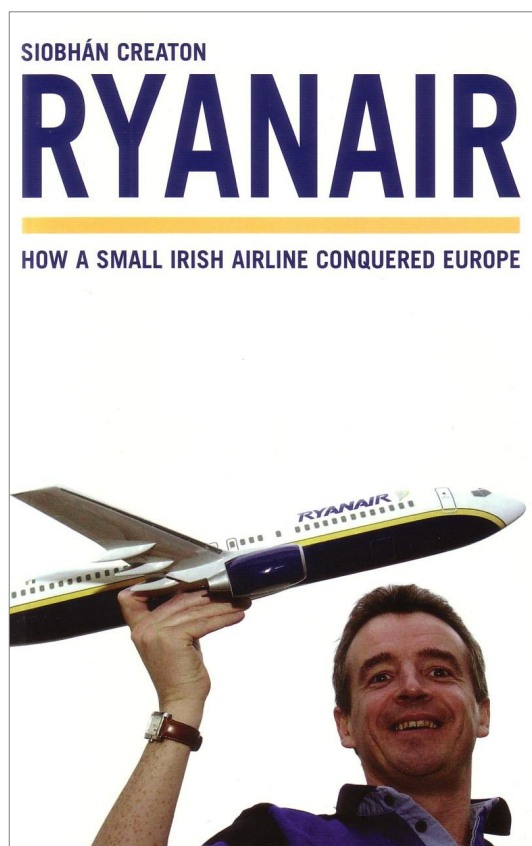
Таблица 10. Пример самофинансирования суперэкономичного покрытия.

Параметры соты стандарта GSM-960 с суперэкономичным покрытием					
Стоимость СЭП-соты RI-2951 (6 секторов, мачта 232 м) «под ключ»		630 000	USD		
Количество сот на начальном этапе строительства новой сети		10	шт.		
Уд. валовая прибыль в месяц (ARPU 6 \$, 100 MoU, 4 абон./км ²)		21,58	USD/км ² /месяц		
Площадь соты для покрытия в помещениях (S ₂ ≥ –85 дБм)		4346	км ²		
Инвестиции и самофинансирование для капитальных вложений в сеть радиодоступа					
№ мес.	Построено сот за месяц, шт.	Построено сот всего, шт.	Капитальные вложения, \$/мес.	Валовая прибыль, \$/мес.	Общая площадь новой сети, км ²
1	10,0	10,0	\$6 300 000	\$937 867	43 460
2	1,5	11,5	\$937 867	\$1 077 485	49 930
3	1,7	13,2	\$1 077 485	\$1 237 888	57 363
4	2,0	15,2	\$1 237 888	\$1 422 169	65 902
5	2,3	17,4	\$1 422 169	\$1 633 884	75 713
6	2,6	20,0	\$1 633 884	\$1 877 117	86 984
7	3,0	23,0	\$1 877 117	\$2 156 559	99 933
8	3,4	26,4	\$2 156 559	\$2 477 601	114 810
9	3,9	30,4	\$2 477 601	\$2 846 436	131 902
10	4,5	34,9	\$2 846 436	\$3 270 179	151 537
11	5,2	40,1	\$3 270 179	\$3 757 003	174 097
12	6,0	46,0	\$3 757 003	\$4 316 299	200 014
Число сот, построенных на средства от стартовых инвестиций:					10,0
Число сот, построенных на средства от самофинансирования:					36,0
Стартовые инвестиции (отложенные закупки стандартных БС и TRX; займы):					\$6 300 000
Самофинансирование (суммарная годовая валовая прибыль от новой сети):					\$22 694 188
Суммарный годовой объём инвестиций в новую сеть радиодоступа:					\$28 994 188
Стоимость квадратного километра новой сети радиодоступа:					\$145
Коэффициент увеличения стартовых вложений за счёт самофинансирования:					4,60

Таким образом, за один год с начала внедрения суперэкономичного покрытия оператор может установить 46 высокопроизводительных сот, 36 из которых (78,3%) построены на средства от генерируемой проектом валовой прибыли. Для получения за год 22,7 млн. \$ валовой прибыли, достаточно вложить 6,3 млн. \$ — остальное сделает «эффект домино». При этом новая сеть радиодоступа получается на порядок дешевле стандартных сетей, достигая себестоимости в 145 \$/км² вместо стандартных 1500 \$/км². Более чем 4-кратное увеличение стартовых вложений за счёт самофинансирования является доказательством высочайшей экономической эффективности суперэкономичного покрытия.

Компания Radio Innovation Sweden AB предлагает использовать самофинансирование для развёртывания сотовых сетей любого масштаба, позволяя оператору подвижной сотовой связи максимально гибко планировать процесс внедрения суперэкономичного покрытия. За счёт кардинального (на 50–95%) снижения удельных капитальных вложений, создание инфраструктуры радиодоступа можно финансировать на 100% без привлечения товарных или банковских кредитов, без эмиссий акций или долгосрочных долговых инструментов, что повышает уровень ликвидности и рыночную капитализацию оператора. Свободные финансовые ресурсы можно направить на приобретение других операторов, обновление телекоммуникационного оборудования, реструктуризацию долгосрочных кредитов и т. д.

Самофинансирование позволяет многократно ускорить модернизацию развитых сетей, расширение существующих и строительство новых сетей радиодоступа. Оператор может возобновить начатые проекты, которые были свёрнуты по причине снизившихся уровней ARPU или снижения изначально заложенных параметров роста рынка сотовой связи.



Ирландская авиакомпания Ryanair является одним из наиболее ярких примеров того, как тщательная оптимизация всех капитальных вложений и эксплуатационных расходов дала возможность маленькой, убыточной и никому не известной компании превратиться в самого крупного авиаперевозчика Европы, рыночная капитализация которого превысила стоимость British Airways, SAS, Lufthansa и остальных.

Ryanair приобретает только новые самолёты Boeing 737-800, которые может приобрести любая авиакомпания мира. Однако, Ryanair имеет рекордно низкую себестоимость за счёт детальной и целенаправленной оптимизации всех бизнес-процессов и затрат, что привело к снижению себестоимости полётов в 3,5 раза и повышению уровня заполняемости самолётов в 1,5 раза — итого снизив эксплуатационные расходы на пассажиро-милю в 5 раз по сравнению с консервативными авиакомпаниями. Ryanair получает прибыль на всех направлениях, расширяет бизнес несмотря на бизнес-модель дискаунтера и самые низкие цены на билеты (5–20 USD в пределах ЕС), увеличивает выручку и наращивает долю рынка.

Суперэкономичное покрытие от Radio Innovation Sweden AB предоставляет операторам подвижной сотовой связи возможность снизить эксплуатационные расходы в 7–9 раз, что позволяет превзойти консервативных операторов по показателям эффективности бизнеса. Как говорит Турбьёрн Йонсон, основатель компании Radio Innovation Sweden AB, — это возможность для оператора стать «королём покрытия, качества и экономичности».

3. Коммерческое предложение

3.1. Профессиональные услуги

Компания Radio Innovation Sweden AB предлагает все свои услуги на проектной основе, выступая в роли консультанта по стратегическому развитию бизнеса подвижной сотовой связи, а также в роли организатора и генерального подрядчика в проектах по внедрению в коммерческую эксплуатацию решений на базе суперэкономичного покрытия (Рис. 13).



Рис. 13. Спектр услуг, предлагаемых компанией Radio Innovation Sweden AB.

3.1.1. Аудит возможностей

Аудит сети — исчерпывающий анализ технико-экономических параметров сотовой сети, обеспечивающий чёткое и полное понимание нынешнего положения дел и позволяющий оценить различные варианты дальнейшего развития бизнеса (Таблица 11).

Таблица 11. Пример анализируемых при проведении аудита сети данных.

Параметры сети (фактические или планируемые)	
Частотный диапазон (МГц)	Рейтинг по покрытию и качеству (1–5)
Ширина используемой полосы (МГц)	Среднее количество секторов / БС
Стандарт сотовой связи, поколение	Средний $K_{УС}$ антенн
Население в зоне хорошего покрытия	Средние потери в кабеле
Площадь лицензированной территории	Средняя длина фидера
Площадь с хорошим сигналом в зданиях	$K_{Ш}$ БС на крыше зданий
Число лицензированных областей	Разница между $K_{УС}$ и $K_{Ш}$
Число областей с 1% GoS	Выходная мощность TX перед фидером
Плотность насел. на лиценз. территории	Ограничения по $K_{УС}$ и ЭИИМ
Плотность населения в зоне покрытия	Среднее количество TRX / БС
Общее количество абонентов в сети	Общее количество TRX в сети
Кол-во минут пользования в месяц (MoU)	Общая установленная ёмкость сети (Эрл)
Сред. выручка с абонента в месяц (ARPU)	Интенс-сть ЧНН-нагрузки в сети (Эрл)
Количество БС в эксплуатации	Интенс-сть ЧНН-нагрузки на TRX (Эрл)
Среднее количество абонентов / БС	Средние капитальные вложения / БС
Кол-во микроволн. транспортных узлов	Капитальные вложения / сеть
Кол-во кабельных транспортных узлов	Капитальные вложения / абонент
Кол-во оптоволокон. транспортных узлов	Эксплуатационные расходы / капвложения
Средняя высота антенной мачты	Эксплуатационные расходы / абонент
Средняя высота подвеса антенны	Среднее количество MoU / Эрл
Средняя площадь соты при 5% GoS	Годовая выручка компании
Средняя площадь соты при 1% GoS	Операционный доход (EBITDA)
Вероятность выполнения вызова	Прибыль или убытки до налогов

На основе результатов аудита моделируются сценарии развития бизнеса с прогнозом роста интенсивности нагрузки, суммарного трафика, ARPU, MoU, плотности абонентов, КПД транкинга, стоимости разных конфигураций сот и других параметров сети.

Одновременно с аудитом сети, для руководства и технических специалистов проводятся семинары, презентации и практические занятия по моделированию суперэкономичного покрытия для достижения полного понимания всех инновационных аспектов концепции. Компания Radio Innovation Sweden AB проводит дополнительные семинары по вопросам, вызывающим повышенный интерес оператора — способствуя конструктивному решению всех возникающих вопросов в процессе диалога и обсуждения на самом раннем этапе.

Отчёт о потенциале — это официальный документ с результатами выполненного аудита и технико-экономическим обоснованием (ТЭО) путей улучшения ключевых показателей эффективности сети. Отчёт включает в себя предварительные сценарии развития бизнеса, а также конфигурации сот на базе суперэкономичного покрытия, позволяющие достигать максимальных показателей в каждом сценарии. Отчёт также включает в себя технические отчеты о моделировании и полевых испытаниях суперэкономичного покрытия для GSM-1800, в рамках которых был достигнут 11-кратный прирост площади с 33 км² до 363 км² за счёт увеличения энергетического баланса на 16 дБ и применения шести секторов на 72-метровой высоте вместо стандартных трёх секторов на 60-метровой высоте.

После презентации и обсуждения результатов аудита и ТЭО, оператор и компания Radio Innovation Sweden AB, в случае вывода о целесообразности дальнейшего сотрудничества, разрабатывают новые технические и коммерческие цели, моделирование и тестирование которых будет проводиться в рамках второго этапа. Примерами таких целей являются:

1. Снижение капитальных вложений в 10 раз, с 1500 до 150 USD/км².
2. Снижение эксплуатационных расходов в 10 раз, с 500 до 50 USD/км²/год.
3. Снижение себестоимости трафика в 10 раз, с 0,030 до 0,003 USD/MoU.
4. Снижение количества требуемых БС на единицу площади сети в 10 раз.
5. Снижение годового энергопотребления для данной площади в 10–40 раз.
6. Снижение энергозатрат на минуту пользования (кВтч/MoU) в 4–10 раз.
7. Снижение количества потерянных и заблокированных вызовов в 2–3 раза.
8. Снижение уровня избыточного сигнала в ближней зоне БС в 5–10 раз.
9. Повышение мощности сигнала и QoS в дальней зоне БС на 3–5 дБ.
10. Повышение уровня трафика в трансиверах (Эрл/TRX/ЧНН) в 2–3 раза.

Учитывая новые технические и коммерческие цели, оператор и Radio Innovation Sweden AB вместе разрабатывают новые технические параметры для ценовых запросов (RFQ) для поставщиков оборудования БС. Ценовой запрос будет содержать новые требования по снижению энергопотребления и стоимости БС на 60–70%, что позволит снизить цену Эрланга ёмкости дополнительно на 50%. Также в запросе будут отражены требования по возможности поддержки микросот с 36–72 TRX/БС, 216–432 Эрл/БС, 6–9 секторов/БС и 0,1-ваттных «эко-сот». Такие запросы дадут дополнительный стимул поставщикам БС для скорейшего освоения принципов суперэкономичного покрытия для базовых станций.

Первый этап завершается переговорами и достижением письменных договорённостей о сроках проведения, объёмах и стоимости второго этапа — масштабного моделирования, подготовительных работ и проведения опытной эксплуатации сети радиодоступа на базе суперэкономичного покрытия. В письменной форме фиксируются новые технические и коммерческие цели, выбранные конфигурации сот на базе суперэкономичного покрытия, технические и топографические параметры опытной зоны и параметры бизнес-сценариев, подлежащих масштабному моделированию и практическому тестированию. В договоре фиксируются источники финансирования и сроки оплаты, кандидатуры субподрядчиков и системных интеграторов, определяются промежуточные контрольные этапы, способы корреспонденции между оператором и Radio Innovation Sweden AB, методики измерения достигаемых результатов и критерии успешности выполнения второго этапа.

3.1.2. Моделирование и тестовый проект

Моделирование — это компьютерный расчёт сети радиодоступа с учётом требований и ограничений, предъявляемых к коммерческим сетям подвижной радиосвязи (доступность частотного ресурса, ширина используемой полосы, ЭМС), а также с учётом новых целей и ключевых показателей эффективности, согласованных в результате предыдущего этапа. Расчёт покрытия выполняется одновременно для планируемой опытной зоны и для более крупной территории, на которой по результатам первого этапа согласована возможность масштабного коммерческого внедрения при успешном выполнении тестового проекта.

Так как для опытной эксплуатации требуется установка 1–3 сот с площадью покрытия 1500–3000 км², при моделировании выбирается территория 3000–9000 км², отражающая преобладающие топографические и морфологические характеристики лицензированной территории. Учитывая специфику выдачи лицензий на предоставление услуг подвижной сотовой связи в Российской Федерации, для моделирования более крупной территории, на которой планируется коммерческое внедрение, желательно выбирать не более одной области или округа — такой подход упростит процесс планирования сети радиодоступа и сделает последующий процесс внедрения более оперативным и легче контролируемым. На Рис. 14 представлен упрощённый вариант снижения количества требуемых базовых станций в 10 раз для сети стандарта GSM-960/1800 на примере Самарской области РФ.

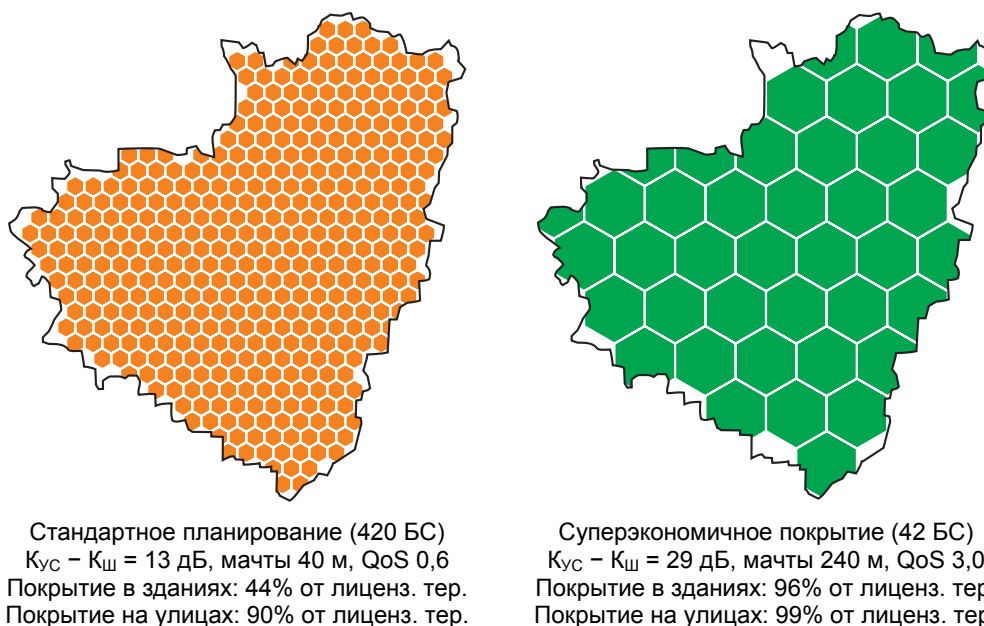


Рис. 14. Уменьшение числа БС в 10 раз на площади 53 600 км² (GSM-960/1800).

Тестовый проект — это опытная эксплуатация, предусматривающая практическую проверку результатов моделирования и заявленных компанией Radio Innovation Sweden AB технических и экономических параметров суперэкономичного покрытия. На данном этапе готовится пакет производственно-технической документация для всех выбранных конфигураций СЭП-сот; размещаются заказы на мелкосерийное производство мачтовых конструкций, антенных панелей, усилителей, дуплексных фильтров и другого фидерного оборудования; производятся и импортируются образцы оборудования для сертификации в РФ; поставляется опытная партия компонентов; выполняются строительно-монтажные и пуско-наладочные работы в партнёрстве с выбранным на первом этапе интегратором. В процессе опытной эксплуатации всесторонне измеряются уровни сигнала при помощи мобильных телефонов TEMS[®] или аналогов, выполняются драйв-тесты, замеры скорости передачи данных, тестирование приложений и сервисов. Результаты измерений протоколируются для сверки с расчётами и разработки обновлённого бизнес-плана «Б».

Бизнес-план «Б» — это альтернативный, оптимизированный с учётом всех преимуществ суперэкономичного покрытия, бизнес-план на ближайшие 5–10 лет. В этом бизнес-плане отражены новые технические и коммерческие задачи, важность и выполнимость которых подтверждены моделированием и опытной эксплуатацией. Литера «Б» означает, что план является конфиденциальным и предназначен для использования руководством оператора. Даже сам факт существования бизнес-плана «Б» является коммерческой тайной.

Подобная конфиденциальность бизнес-плана «Б» объясняется несколькими причинами. В первую очередь это — обеспечение выполнимости намеченных целей без вмешательства третьих лиц, экономически заинтересованных в саботаже или максимальном затягивании реализации бизнес-плана. Такими лицами являются все организации, прямо или косвенно связанные с производством или реализацией стандартных решений для инфраструктуры подвижной сотовой связи — производители БС, контроллеров БС, трансиверов, обычных антенн; производители стандартных мачт и кабельных систем; системные интеграторы и дистрибьюторы с высокой пропорцией стандартного антенно-фидерного оборудования в торговом обороте; финансовые учреждения, обслуживающие значительные денежные потоки поставщиков стандартного телекоммуникационного оборудования; лизинговые компании и банки, кредитующие операторов под залог стандартного оборудования.

Многие из этих организаций потеряют часть доходов из-за внедрения суперэкономичного покрытия кем-либо из операторов. Такой оператор неизбежно подвергнется давлению со стороны этих организаций, которые под разными, зачастую не имеющими достаточных оснований предлогами попытаются сохранить объём продаж стандартного оборудования в ущерб истинным долгосрочным экономическим интересам оператора и его акционеров.

С другой стороны, последовательное выполнение бизнес-плана «Б» позволит оператору кардинальным образом поменять условия игры на рынке БС. Вместо обеспечения роста продаж и прибыли поставщикам оборудования, оператор сможет оставлять себе львиную долю валовой прибыли, увеличивая благосостояние своих — а не чужих — акционеров.

Компания Radio Innovation Sweden AB, не являясь производителем, так же как оператор сотовой связи заинтересована в кардинальном снижении уровня капитальных вложений. С этой целью ведутся переговоры с несколькими поставщиками БС, выразившими свой интерес к переориентации с продаж оборудования БС на продажу уровня сервиса (SLA, Service Level Agreement), что предполагает строительство сотовых сетей «под ключ» и их сдачу в долгосрочную (15–30 лет) аренду операторам сотовой связи. При этом оператор получает возможность частично или полностью избежать капвложений в свою сотовую инфраструктуру, оплачивая лишь аренду ($\$/\text{км}^2$) и фактическую нагрузку ($\$/\text{MoU}$, $\$/\text{Эрл}$).

По консервативным прогнозам Radio Innovation Sweden AB, к 2015 году более 40% сетей подвижной сотовой связи будут построены «под ключ» и сданы в долгосрочную аренду операторам — это будут сети в сельских районах и редконаселённых территориях. При этом около 60% сетей будут применять стандартные сотовые технологии для городских районов с ограниченными частотными ресурсами и высокой требуемой ёмкостью.

Другая причина для сохранения бизнес-плана «Б» в тайне — получение стратегического преимущества над консервативными компаниями, выигрывая время на реализацию плана по расширению своего географического присутствия, резкому увеличению абонентской базы, MoU, ARPU, повышению QoS и увеличению своей доли на рынке сотовой связи.

Таким образом, бизнес-план «Б» ускоряет ориентацию рынка БС на более долгосрочную перспективу, увеличивая способность поставщиков БС предлагать оператору подвижной сотовой связи качественные и экономичные решения, превосходящие уровень качества и стоимости сегодняшних технологий. Бизнес-план «Б» — это ключ к сбалансированному многократному увеличению площади сети, повышению QoS/GoS, приросту абонентской базы и прибыли. Это стратегическое превосходство над консервативными операторами и возможность увеличить сейчас — и увеличивать в будущем — свою долю на рынке.

3.1.3. Коммерческое внедрение

Учитывая, что выполнение третьего этапа возможно только после успешного завершения первых двух этапов, точные параметры данного этапа выходят за рамки настоящего ТКП. Описание этапа приводится для предварительного ознакомления с общими положениями.

Масштабное внедрение — это подготовка к полноценной коммерческой эксплуатации, включающая в себя расчёт сети радиодоступа для области или округа с одновременным запуском в производство первой партии оборудования для суперэкономичного покрытия в соответствии с бизнес-планом «Б». До начала данного этапа должны быть решены все ключевые задачи, связанные с сертификацией оборудования в РФ; получены разрешения на строительство и эксплуатацию высоких антенно-мачтовых конструкций, согласованы вопросы землепользования, утверждены типовые строительные и технические проекты.

В качестве отправной точки для масштабного внедрения может послужить опытная зона, которую желательно запустить в эксплуатацию в первую очередь для получения данных, сбор которых был невозможен при опытной эксплуатации — нагрузка в сети, количество абонентов на соту, суточные изменения интенсивности нагрузки, статистика пользования различными приложениями и сервисами и т.д. Такая информация обладает значительной ценностью, так как получена напрямую от целевого сегмента рынка — жителей сельских населённых пунктов, что даёт возможность начать процесс контроля и оптимизации сети.

Оптимизация и контроль — компания Radio Innovation Sweden AB предлагает пакет услуг по дальнейшей оптимизации сети на базе суперэкономичного покрытия с целью достижения всех запланированных на втором этапе технических и коммерческих целей. Оптимизация включает в себя анализ структуры покрытия и трафика, и их соответствие конфигурации сети; определение тенденций изменения трафика с внесением коррективов в текущий план развития и модернизации сети радиодоступа, что способствует наиболее сбалансированной настройке сети с учётом продолжающегося строительства.

Третий этап выполняется в сотрудничестве с оператором или системным интегратором, который обслуживает оператора и является предпочтительным партнёром; либо с одним из системных интеграторов в РФ в области телекоммуникаций, которого компания Radio Innovation Sweden AB готова привлечь к коммерческому внедрению суперэкономичного покрытия. Radio Innovation Sweden AB не практикует штучную продажу, сдачу в аренду, или бесплатную передачу высокопроизводительного оборудования для решений на базе суперэкономичного покрытия. Предлагаемое оборудование поставляется исключительно «под ключ» в сотрудничестве с оператором или авторизованными партнёрами компании Radio Innovation Sweden AB, позволяя достичь заявленных технических и экономических параметров и наиболее полно реализовать преимущества суперэкономичного покрытия.

Компания Radio Innovation Sweden AB предполагает, что после коммерческого внедрения нескольких крупных сегментов сети радиодоступа на базе суперэкономичного покрытия и получения первых значительных результатов, подтверждающих экономическую выгоду от бизнес-плана «Б», дальнейшее внедрение может проводиться с участием поставщиков базовых станций и трансиверов, согласных поддерживать предлагаемые компанией Radio Innovation Sweden AB концепцию и спецификации и готовых строить «под ключ» на свои средства новые и модернизированные сети в соответствии с правилами суперэкономичного покрытия с целью их сдачи в аренду оператору подвижной сотовой связи.

При таком развитии бизнеса, оператор сможет отказаться от непосредственного участия в строительстве или модернизации сетей, получив взамен право аренды «своей» новой сети на 15–30 лет с безоговорочным правом продлевать аренду после изначального периода. В результате оператор сможет отказаться от капитальных вложений в радиодоступ, оставив лишь сниженные в 7–9 раз эксплуатационные расходы. Многократно возросшая прибыль позволит больше вкладывать в рекламу, внедрять стандарты высокоскоростной передачи данных, расширять спектр услуг, радовать акционеров компании высокими дивидендами.

3.2. Варианты внедрения

3.2.1. Строительство новых сетей

Создание инфраструктуры подвижной сотовой связи целиком на базе суперэкономичного покрытия является экономически наиболее выгодным путём внедрения с капитальными вложениями порядка 150–200 USD/км², с отличным покрытием в помещениях и уровнем капложений менее 20 USD на одного абонента. Строительство новых сетей позволяет в кратчайший срок достичь минимальных эксплуатационных расходов 30–50 USD/км²/год.

Этот вариант оптимален для обширных редконаселённых территорий, второстепенных автомобильных и железных дорог, сельских населённых пунктов. За счёт использования более эффективных конфигураций суперэкономичного покрытия — 240-метровых мачт и фазированных антенных решёток с 6–9 секторами — достигается максимальный эффект масштаба со снижением капложений и эксплуатационных расходов, с одновременным и многократным увеличением валовой прибыли с квадратного километра сети. Повышение КПД транкинга сот, энергетической эффективности, скорости передачи данных, качества обслуживания и площади покрытия БС является максимальным в данном варианте.

3.2.2. Расширение существующих сетей

Данный вариант предлагается для сопряжения стандартных сетей с сетями радиодоступа на основе суперэкономичного покрытия за пределами городов, областных или районных центров, где существует высокая потребность в сотовой связи, но стандартные решения работают с недостаточной рентабельностью, связанной с низким КПД транкинга. Так как плотность абонентов резко снижается именно при переходе от городской к сельской сети, при расширении используется весь спектр конфигураций сот на базе суперэкономичного покрытия, что позволяет повысить КПД транкинга, снизить удельное число потерянных вызовов, поднять в 1,3–3 раза уровень обслуживания (GoS) и обеспечить максимальную рентабельность при снижающейся плотности абонентов и интенсивности нагрузки в сети.

3.2.3. Модернизация существующих сетей

Оптимизированный для сотовых сетей в городах, этот вариант является компромиссным решением в условиях недостаточного использования выделенного частотного ресурса и низкого КПД транкинга стандартных сот. Вариант разработан для городов и населённых пунктов городского типа с населением до 100 000 человек, позволяя увеличить площадь покрытия и КПД транкинга сот с одновременным перемещением наименее эффективных сот в районы строительства новых или расширения существующих сетей. Данный метод позволяет снизить на 50–80% количество базовых станций на единицу площади, оставив в эксплуатации модернизированные и высокорентабельные БС с увеличенной в 4–16 раз площадью покрытия для отличного приёма сигнала в помещениях.

Вариант предусматривает замену стандартного антенно-фидерного оборудования в сотах на высокопроизводительное по спецификациям Radio Innovation Sweden AB, обеспечивая снижение эксплуатационных расходов на 50–70%, повышение рентабельности сети в 2–3 раза, улучшение экологической и электромагнитной совместимости за счёт снижения уровня сигнала в 5–10 раз в ближней зоне БС, сохраняя или повышая уровень качества.

3.2.4. Увеличение ёмкости и площади городских сот

Для крупных городов предлагается внедрение суперэкономичного покрытия при помощи ФАР без мачт, заменяющих стандартные антенны на крышах зданий и увеличивающие площадь соты в 2–3 раза со снижением числа БС на 1 км² сети. Городская версия ФАР имеет высоту 2,5–10 м, внешний диаметр 1,5–3 м, 1–4 панели в секторе и 6–27 секторов.

3.3. График и стоимость внедрения

Все подготовительные работы и непосредственно процесс внедрения суперэкономичного покрытия в коммерческую эксплуатацию занимают от 1000 дней (2,5–3 человеко-года). Вне зависимости от масштаба, весь процесс поэтапного внедрения состоит из 3-х этапов, показанных на Рис. 15. Данный подход к реализации проекта обеспечивает максимальное качество готового решения и всестороннюю профессиональную подготовку руководства и технического персонала оператора для эффективного использования всех преимуществ, предоставляемых суперэкономичным покрытием. Качественное детальное планирование сети радиодоступа, обучение сотрудников, поставка образцов оборудования для опытных зон и промышленное серийное производство — всё это требует времени и значительных финансовых ресурсов, показанных в виде длительности и цены каждого этапа.

№	Название и цена этапа	Начало	Конец	Срок	2007		2008			2009			2010			2011		
					Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	
1.	Аудит возможностей (от 150 000 USD)	01/05/2007	03/09/2007	90d														
1.1.	Аудит сети	01/05/2007	23/07/2007	60d														
1.2.	Отчёт о потенциале	24/07/2007	03/09/2007	30d														
2.	Моделирование и тест (порядка 3 млн. USD)	04/09/2007	04/08/2008	240d														
2.1.	Расчёт покрытия	04/09/2007	26/11/2007	60d														
2.2.	Тестовый проект	27/11/2007	04/08/2008	180d														
3.	Коммерческое внедрение (порядка 7 млн. USD)	05/08/2008	09/05/2011	720d														
3.1.	Масштабное внедрение	05/08/2008	30/08/2010	540d														
3.2.	Оптимизация и контроль	31/08/2010	09/05/2011	180d														

Рис. 15. График и стоимость внедрения суперэкономичного покрытия.

Стоимость первого этапа — это только услуги компании Radio Innovation Sweden AB без поставок оборудования или проведения опытной эксплуатации. Цена второго и третьего этапов отражает стоимость услуг компании Radio Innovation Sweden AB и стоимость «под ключ» всего оборудования (мачт, антенных панелей, усилителей мощности, дуплексных фильтров, базовых станций, трансиверов, формирователей вертикального лепестка и пр.), необходимого для тестового проекта или коммерческого внедрения. При использовании оборудования, подходящего для организации опытной эксплуатации или внедрения, уже имеющегося в распоряжении оператора, цена соответствующего этапа снижается.

Каждый из трёх этапов может выполняться отдельно от других, сохраняя очерёдность — оператор может приостановить процесс внедрения по какой-либо причине, продлить этап для выполнения дополнительных подготовительных работ или полностью отказаться от коммерческого внедрения в случае неудовлетворённости промежуточными результатами.

Учитывая экономическую целесообразность и высокую внутреннюю норму доходности (150–200%) суперэкономичного покрытия, стоимость поэтапного внедрения окупается в срок до одного года с момента начала коммерческой эксплуатации и применения метода самофинансирования проекта. По сравнению с ЧДД решений на базе суперэкономичного покрытия, затраты на внедрение составляют 5–20% от создаваемой валовой прибыли, что может стать одним из наиболее рентабельных вложений капитала для оператора.

В Таблице 12 дан перечень предлагаемых услуг с указанием длительности и цен. Первые две части каждого этапа (1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2) являются необходимыми элементами каждого этапа. Дополнительные части выполняются в случае принятия решения о начале следующего этапа и для обучения руководства и технических специалистов оператора.

Таблица 12. Наименование, длительность и стоимость предлагаемых услуг.

№	Наименование	Длительность	Цена, USD
1	1-й этап: Аудит возможностей	От 90 чел.-дней	От 150 000 \$
1.1	<p>Аудит сети:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Сбор технических и финансовых данных от оператора (анкетирование); конфигурации БС и антенных мачт; ограничения в эксплуатации; сбор данных о конкурентах. - Анализ данных, выявление тенденций, оценка показателей эффективности, моделирование затрат, оценка затрат и ТСО, оценка нынешнего бизнес-плана, сравнение с конкурентами. - Аудит имеющихся опор (мачты, башни, водонапорные и телебашни, трубы) на предмет ветрового сопротивления и полезной нагрузки, выбор опор для возможной модернизации. - Анализ ёмкости базовых станций на предмет оптимального повышения КПД транкинга. - Анализ потребности в трансиверах, оценка способов снижения числа трансиверов на 50% и более для данного уровня QoS и трафика. - Анализ энергопотребления БС и проверка методов снижения энергопотребления на км² в 10–40 раз относительно стандартных сот. 	От 60 чел.-дней	От 100 000 \$
1.2	<p>Отчёт о потенциале:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Экспертное заключение о существующем бизнес-плане, диагноз технических и экономических проблем, тщательная критическая оценка долгосрочных сценариев развития бизнеса. - Технико-экономическое обоснование (ТЭО) для внедрения суперэкономичного покрытия. - Технические отчёты о полевых испытаниях в Швеции (Бьёрнлунда, GSM-1800) и в других странах, расчёты покрытия для разных стран. - Обзор альтернативных сценариев развития бизнеса на базе суперэкономичного покрытия и конспект технических и экономических параметров СЭП-сот, проект бизнес-плана «Б»: «король покрытия, качества и экономии». 	От 30 чел.-дней	От 50 000 \$
1.3	<p>Семинары для руководителей оператора:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Презентация отчёта о потенциале, включая результаты аудита и сравнительного анализа. - Демонстрация долгосрочной стратегической важности снижения капвложений и затрат на км² с увеличением площади покрытия и QoS. - Вопросы и ответы о снижении CAPEX/км² и OPEX/км² на 50–95%, о суперэкономичном покрытии, о 50-и «золотых правилах», об эффектах на KPI, QoS, GoS, выручку и прибыль. 	От 3 чел.-дней	От 10 000 \$

1.4	<p><u>Спецсеминары по радиопокрытию:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Обсуждение параметров суперэкономичного покрытия (мощность антенны, использование частот, принцип «Робин Гуда», высота мачты, КПД апертуры, 50 «золотых правил» и др.). - Обзор разных сценариев с прогнозом уровня трафика, моделирование и сравнение вариантов радиопокрытия и интенсивности нагрузки. - Обсуждение частотных планов для регионов, нынешние и будущие потребности в ёмкости. - Сравнение суперэкономичного покрытия с сотами в эксплуатации, с новыми и будущими моделями от Ericsson, Nokia-Siemens, Huawei, Alcatel-Lucent и вендоров стандартных антенн. - Подробный расчёт покрытия для (1) обычных сот, (2) сот с МШУ и бустерами, (3) для Ericsson Expander, и (4) для сот на базе суперэкономичного покрытия; анализ и сравнения. - Обзор унифицированной платформы в виде широкополосных и мультимодовых сот. - Обсуждение правил по ЭИИМ и возможных ограничений мощности антенны, стандарты ICNIRP и уровни излучения в ближней зоне. 	От 3 чел.-дней	От 10 000 \$
1.5	<p><u>Разработка новых целей на 1–5 лет (1/2/3):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Новые технические цели (число БС на км², GoS, QoS, Эрл/TRX, TRX/БС, кВт·ч/год/км²). - Новые бизнес-цели (CAPEX/км², OPEX/км², OPEX/MoU, увеличение рыночной доли, рост абонентской базы, новые источники доходов). 	От 5 чел.-дней	От 15 000 \$
1.6	<p><u>Обновление тендерных документов (RFQ):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Новые технические спецификации для тендеров на поставку БС и TRX с целью повышения эффективности суперэкономичного покрытия. 	От 3 чел.-дней	От 10 000 \$
1.7	<p><u>Подготовка ко 2-му этапу:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Выбор зоны для опытной эксплуатации на основе аудита сети и анализа возможностей. - Определение и распределение обязанностей для Radio Innovation Sweden AB, оператора сотовой сети и системного интегратора. - Рассылка новых тендерных спецификаций поставщикам БС и TRX, оценка ответов. - Выбор системного интегратора для участия во 2-м и 3-м этапах, ознакомление интегратора с концепцией суперэкономичного покрытия. - Обсуждение технических спецификаций тестового проекта и целей; разрешения на тестовый проект; решение вопросов землепользования, частотного обеспечения, финансирования. - Черновик технического проекта и предложения о проведении опытной эксплуатации. 	От 20 чел.-дней	От 60 000 \$

2	2-й этап: Моделирование и тест	Порядка 240 чел.-дней	Порядка 3 000 000 \$
2.1	<p>Расчёт покрытия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Расчёт покрытия на базе модели Окумура-Хата для разных типов местности и частотных диапазонов; планирование сети для тестовой зоны и возможного коммерческого внедрения. - Частотное планирование: распределение каналов, межсекторные помехи, сигнал/помеха по основному и соседним каналам, ЭМС. - Анализ энергетического баланса (профиль местности, прямая видимость, дифракция, атмосферное ослабление сигнала, границы замирания, принимаемый уровень сигнала и пр.). 	Порядка 60 чел.-дней	Порядка 200 000 \$
2.2	<p>Тестовый проект:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разработка технического проекта для сот на базе суперэкономичного покрытия. - Изготовление антенн, мачт, высокопроизводительного радиооборудования; ввоз, сертификация, разрешения на применение, СМР, ПНР. - Опытная эксплуатация кластера из 3-х БС с площадью покрытия 1500–3500 км²/БС, анализ статистики коммутаторов (MSC/BSC), измерения уровня принимаемого сигнала, драйв-тест, обработка результатов, документирование. 	Порядка 180 чел.-дней	Порядка 2 800 000 \$
2.3	<p>Разработка бизнес-плана «Б»:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Анализ существующего бизнес-плана, подготовка нового бизнес-плана с новыми целями № 1, 2, 3 (техническими и коммерческими); адаптация бизнес-модели к низкому ARPU; организация и набор текста, редактирование; предложение о полномасштабном внедрении. 	Порядка 40 чел.-дней	Порядка 100 000 \$
3	3-й этап: Коммерческое внедрение	Порядка 720 чел.-дней	Порядка 7 000 000 \$
3.1	<p>Масштабное внедрение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Изготовление антенн, мачт, радиооборудования; поставка, СМР, ПНР; партии по 10–20 БС, капвложения в антенную систему от 30 до 300 тыс. \$ для одной соты, в зависимости от высоты мачты, площади покрытия и ёмкости БС. 	Порядка 540 чел.-дней	Порядка 6 300 000 \$
3.2	<p>Оптимизация и контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Плановый анализ, настройка ёмкости и покрытия, анализ числа абонентов в сотах, статистика использования, выявление тенденций, предложения по дальнейшей модернизации. 	Порядка 180 чел.-дней	Порядка 700 000 \$
3.3	<p>Оценка сервисных договоров (SLA):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Обсуждение новых тендерных спецификаций с поставщиками оборудования, оценка предложений, консультации по всем видам аренды (SLA для радиопокрытия, ёмкости и т. д.). 	Порядка 10 чел.-дней	Порядка 20 000 \$

Как вознаграждение за наилучшие результаты, Radio Innovation Sweden AB предлагает бонусную схему на базе целей по увеличению эффективности (Таблица 13). Данные цели являются критерием для определения разовых бонусов: при достижении каждой 1-й цели бонус равен 60 000 USD, каждой 2-й цели — 140 000 USD, и каждой 3-й — 300 000 USD. Для промежуточных результатов используется линейная интерполяция. Предлагается также бонус в размере 4500 USD за каждую демонтированную или перемещённую БС.

Таблица 13. Цели по увеличению показателей эффективности сети радиодоступа.

№	Показатель эффективности	1-я цель	2-я цель	3-я цель
SG-1	Стоимость (CAPEX) БС в эксплуатации	-30%	-70%	-90%
SG-2	Расходы (OPEX) на БС в эксплуатации	-30%	-70%	-85%
SG-3	Снижение количества БС в эксплуатации	-30%	-80%	-90%
SG-4	Улучшение уровня обслуживания (GoS)	1,3 раза	2 раза	3 раза
SG-5	Средняя интенсивность нагрузки на TRX	2 Эрл	5 Эрл	6 Эрл
SG-6	Рост трафика (MoU) без вложений в TRX	+50%	+200%	+300%
SG-7	Снижение ВЧ излучения (ICNIRP 1998)	2 раза	6 раз	10 раз

В Таблице 14 показано предлагаемое распределение работ, связанных с коммерческим внедрением суперэкономичного покрытия. Radio Innovation Sweden AB прогнозирует постепенное привлечение к работе дистрибьюторов и системных интеграторов. После запуска проекта в коммерческую эксплуатацию, Radio Innovation Sweden AB продолжит выполнение консультационных работ и обеспечение поставок фазированных антенных решёток, радиооборудования и оптимизированных мачт — в рамках бизнес-плана «Б».

Таблица 14. Предлагаемое распределение работ между RI, оператором и интегратором.

Этап / Организация	Radio Innovation Sweden AB	Оператор сотовой сети	Системный интегратор
1-й этап: Аудит возможностей	80%	20%	—
2-й этап: Моделирование и тест	60%	20%	20%
3-й этап: Коммерческое внедрение	40%	20%	40%

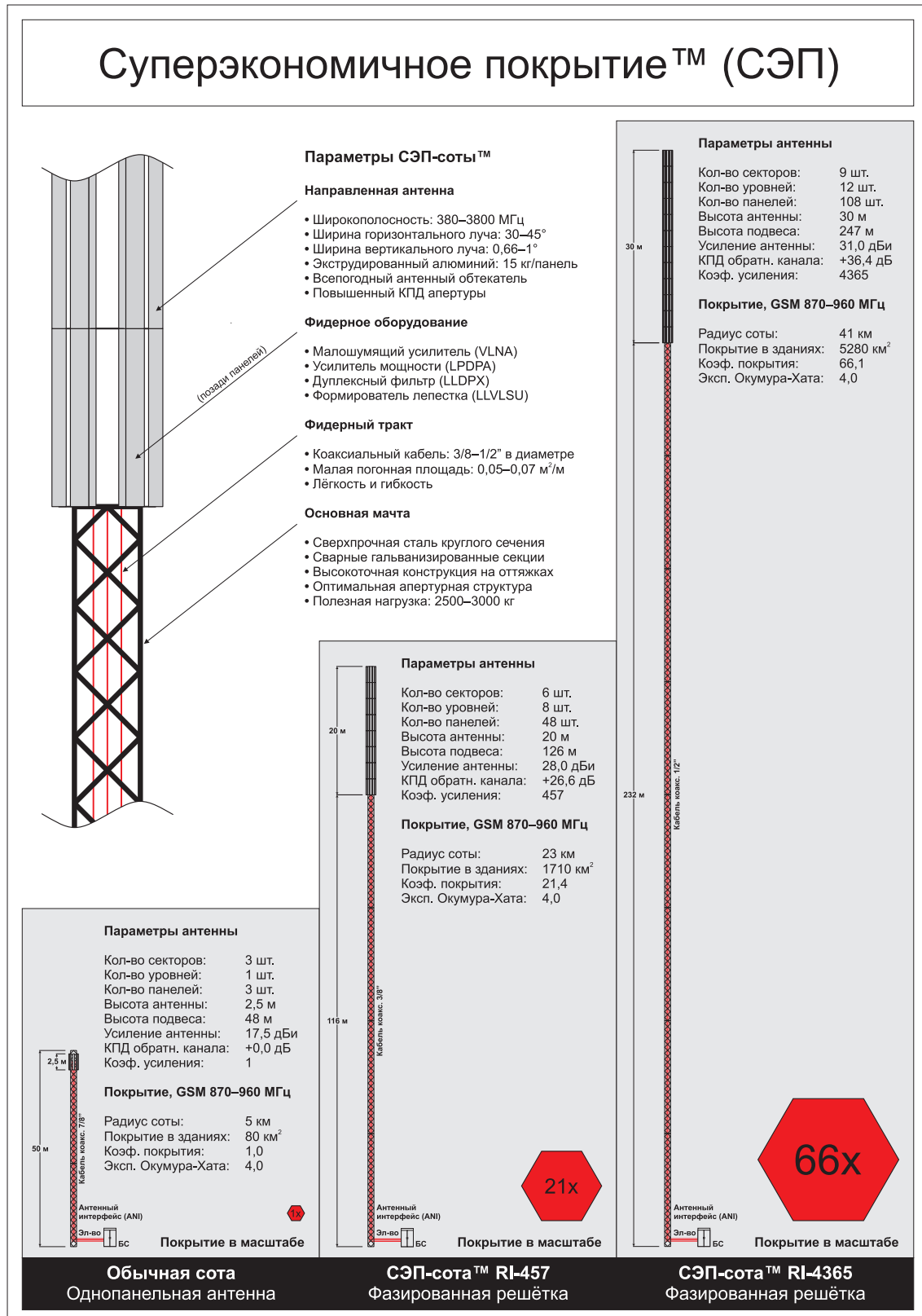
В качестве следующего шага компания Radio Innovation Sweden AB предлагает подписать договор о намерениях для выражения заинтересованности в сотрудничестве, и договор о неразглашении информации для защиты интеллектуальной и деловой информации. Для выполнения каждого этапа предлагается заключение договоров с Radio Innovation Sweden AB — об аудите возможностей, о моделировании и тестах, и о коммерческом внедрении.

Данное технико-коммерческое предложение охватывает только ключевые технические и экономические преимущества суперэкономичного покрытия — поэтому существует риск, что какие-то из важных для Вас тем остались без внимания. В таком случае, пожалуйста, свяжитесь с Radio Innovation Sweden AB чтобы подробно обсудить Ваши потребности и получить ответы на интересующие Вас вопросы, решение которых позволит Вам начать процесс внедрения данной революционной технологии в Ваших сотовых сетях.

Компания: Radio Innovation Sweden AB
Руководитель: Турбьёрн Йонсон, президент
Почтовый адрес: Box 1204, SE-164 28, Kista, Sweden
Телефон: +46 (8) 750-78-30
Факс: +46 (8) 750-78-31
Моб. тел.: +46 708 580 915
Эл. почта: tj@radioinnovation.se

4. Приложения

4.1. Технический конспект для GSM 870–960 МГц



4.1. Технический конспект для GSM 870–960 МГц (продолжение)

Параметр	Обычная сота	СЭП-сота RI-457	СЭП-сота RI-4365
Направленная антенна			
Диапазон рабочих частот ⁴ , МГц	870–960	380–3800	380–3800
Поляризация	±45°	±45°	±45°
Коеф. усиления сигнала ($K_{УС}$), дБи	17,5	28,0	31,0
Количество секторов, шт.	3	6	9
Ширина горизонтального луча (ГЛ)	65°	45°	30°
Ширина вертикального луча (ВЛ)	8°	1°	0,66°
Усиление при ГЛ 90° → 45°, дБ	-	+3,0	+3,0
Усиление при ГЛ 45° → 30°, дБ	-	-	+1,7
Усиление при ВЛ 8° → 1°, дБ	-	+9,0	+9,0
Усиление при ВЛ 1° → 0,66°, дБ	-	-	+1,7
Снижение потерь (высота мачты), дБ	-	+9,1	+15,5
Снижение потерь (дуплексн. ф-тр), дБ	-	+1,5	+1,5
Малозумящий усилитель, дБ	-	+4,0	+4,0
Чувствит-сть обратного канала, дБ	+0,0	+26,6	+36,4
Коеф. стоячей волны по напряжению	1,40	1,15	1,15
Коеф. шума ($K_{Ш}$) / потери в кабеле, дБ	-3,5 / -3,0	-0,7 / -0,3	-0,7 / -0,3
Вход. макс. мощность антенны, Вт	16	80	80
ЭИИМ в максимуме лепестка ⁵ , дБВт	59,5	77,0	80,0
Отношение вперед-назад, дБ	25	45–55	45–55
Тип антенной конструкции	Панель	ФАР	ФАР
Кол-во панелей в секторе (2 TRX), шт.	1	8	12
Масса одной панели, кг	19	15	15
Масса сектора, кг	19	120	180
Габариты сектора (В × Ш × Г), м	2,5 × 0,3 × 0,2	20 × 0,3 × 0,2	30 × 0,3 × 0,2
Фидерное оборудование			
МШУ + дуплексн. фильтр ($K_{Ш} < 1$ дБ)	-	Да	Да
Усилитель в прямом канале (80 Вт)	-	Да	Да
Формирователь вертикальн. лепестка	-	Да	Да
Блок питания (230 В / -48 В)	-	Да	Да
Коаксиальный кабель (диам. × длина)	7/8" × 60 м	3/8" × 130 м	1/2" × 250 м
Интерфейс сигнализации	-	Да	Да
Основная мачта			
Высота основной мачты, м	50	116	232
Площадь вершины (36 TRX/БС), м ²	24	20	30
Погонная площадь кабеля, м ² /м	0,30	0,05	0,07
Площадь мачты с кабелем, м ²	42,0	26,5	47,5
Площадь соты и ёмкость			
Площадь ($S_2 \geq -85$ дБм; $e = 4,0$), км ²	80	1710	5280
Коеффициент увеличения площади	1,0	21,4	66,1
Максимальная ёмкость БС, Эрл	150	300	450
Максимальная ёмкость сети, Эрл/км ²	> 2,7	> 0,40	> 0,16

⁴ СЭП-соты поддерживают широкополосные мультимодовые антенны в виде сотовых гостиниц.

⁵ Для СЭП-сот ЭИИМ указан для ФАР, индивидуальные панели имеют меньшие показатели.

4.2. Валовая прибыль в год на 1 км² при ARPU 6, 4 и 2 USD

Конфигурация соты стандарта GSM-960	Плотность абонентов, человек/км ²								
	256	128	64	32	16	8	4	2	1
	Валовая прибыль в год на 1 км ² (100 MoU) ARPU = 6 USD								
СЭП RI-2951, 6 секторов	\$687	\$687	\$687	\$687	\$687	\$547	\$259	\$115	\$43
СЭП RI-2138, 9 секторов	\$1 213	\$1 213	\$1 213	\$1 213	\$1 104	\$528	\$240	\$96	\$24
СЭП RI-1096, 9 секторов	\$1 716	\$1 716	\$1 716	\$1 716	\$1 106	\$530	\$242	\$98	\$26
СЭП RI-912, 6 секторов	\$1 240	\$1 240	\$1 240	\$1 240	\$1 104	\$528	\$240	\$96	\$24
СЭП RI-741, 6 секторов	\$1 379	\$1 379	\$1 379	\$1 379	\$1 103	\$527	\$239	\$95	\$23
СЭП RI-457, 6 секторов	\$1 762	\$1 762	\$1 762	\$1 762	\$1 095	\$519	\$231	\$87	\$15
СЭП RI-372, 3 сектора	\$951	\$951	\$951	\$951	\$951	\$519	\$231	\$87	\$15
СЭП RI-229, 3 сектора	\$1 224	\$1 224	\$1 224	\$1 224	\$1 092	\$516	\$228	\$84	\$12
СЭП RI-162, 3 сектора	\$1 463	\$1 463	\$1 463	\$1 463	\$1 089	\$513	\$225	\$81	\$9
СЭП RI-132, 3 сектора	\$1 626	\$1 626	\$1 626	\$1 626	\$1 086	\$510	\$222	\$78	\$6
СЭП RI-66, 3 сектора	\$2 319	\$2 319	\$2 319	\$2 230	\$1 078	\$502	\$214	\$70	-\$2
СЭП RI-18, 3 сектора	\$4 427	\$4 427	\$4 427	\$2 170	\$1 018	\$442	\$154	\$10	-\$62
Expander (Ericsson)	\$7 493	\$7 493	\$4 363	\$2 059	\$907	\$331	\$43	-\$101	-\$173
Стд. ант. + TMA + TMB	\$11 906	\$8 877	\$4 269	\$1 965	\$813	\$237	-\$51	-\$195	-\$267
Стд. ант. + коакс. каб.	\$17 929	\$8 713	\$4 105	\$1 801	\$649	\$73	-\$215	-\$359	-\$431

Конфигурация соты стандарта GSM-960	Плотность абонентов, человек/км ²								
	256	128	64	32	16	8	4	2	1
	Валовая прибыль в год на 1 км ² (100 MoU) ARPU = 4 USD								
СЭП RI-2951, 6 секторов	\$448	\$448	\$448	\$448	\$448	\$355	\$163	\$67	\$19
СЭП RI-2138, 9 секторов	\$793	\$793	\$793	\$793	\$720	\$336	\$144	\$48	\$0
СЭП RI-1096, 9 секторов	\$1 129	\$1 129	\$1 129	\$1 129	\$722	\$338	\$146	\$50	\$2
СЭП RI-912, 6 секторов	\$811	\$811	\$811	\$811	\$720	\$336	\$144	\$48	\$0
СЭП RI-741, 6 секторов	\$903	\$903	\$903	\$903	\$719	\$335	\$143	\$47	-\$1
СЭП RI-457, 6 секторов	\$1 156	\$1 156	\$1 156	\$1 156	\$711	\$327	\$135	\$39	-\$9
СЭП RI-372, 3 сектора	\$615	\$615	\$615	\$615	\$615	\$327	\$135	\$39	-\$9
СЭП RI-229, 3 сектора	\$796	\$796	\$796	\$796	\$708	\$324	\$132	\$36	-\$12
СЭП RI-162, 3 сектора	\$954	\$954	\$954	\$954	\$705	\$321	\$129	\$33	-\$15
СЭП RI-132, 3 сектора	\$1 062	\$1 062	\$1 062	\$1 062	\$702	\$318	\$126	\$30	-\$18
СЭП RI-66, 3 сектора	\$1 521	\$1 521	\$1 521	\$1 462	\$694	\$310	\$118	\$22	-\$26
СЭП RI-18, 3 сектора	\$2 906	\$2 906	\$2 906	\$1 402	\$634	\$250	\$58	-\$38	-\$86
Expander (Ericsson)	\$4 913	\$4 913	\$2 827	\$1 291	\$523	\$139	-\$53	-\$149	-\$197
Стд. ант. + TMA + TMB	\$7 824	\$5 805	\$2 733	\$1 197	\$429	\$45	-\$147	-\$243	-\$291
Стд. ант. + коакс. каб.	\$11 785	\$5 641	\$2 569	\$1 033	\$265	-\$119	-\$311	-\$407	-\$455

Конфигурация соты стандарта GSM-960	Плотность абонентов, человек/км ²								
	256	128	64	32	16	8	4	2	1
	Валовая прибыль в год на 1 км ² (100 MoU) ARPU = 2 USD								
СЭП RI-2951, 6 секторов	\$210	\$210	\$210	\$210	\$210	\$163	\$67	\$19	-\$5
СЭП RI-2138, 9 секторов	\$372	\$372	\$372	\$372	\$336	\$144	\$48	\$0	-\$24
СЭП RI-1096, 9 секторов	\$541	\$541	\$541	\$541	\$338	\$146	\$50	\$2	-\$22
СЭП RI-912, 6 секторов	\$381	\$381	\$381	\$381	\$336	\$144	\$48	\$0	-\$24
СЭП RI-741, 6 секторов	\$427	\$427	\$427	\$427	\$335	\$143	\$47	-\$1	-\$25
СЭП RI-457, 6 секторов	\$549	\$549	\$549	\$549	\$327	\$135	\$39	-\$9	-\$33
СЭП RI-372, 3 сектора	\$279	\$279	\$279	\$279	\$279	\$135	\$39	-\$9	-\$33
СЭП RI-229, 3 сектора	\$368	\$368	\$368	\$368	\$324	\$132	\$36	-\$12	-\$36
СЭП RI-162, 3 сектора	\$446	\$446	\$446	\$446	\$321	\$129	\$33	-\$15	-\$39
СЭП RI-132, 3 сектора	\$498	\$498	\$498	\$498	\$318	\$126	\$30	-\$18	-\$42
СЭП RI-66, 3 сектора	\$724	\$724	\$724	\$694	\$310	\$118	\$22	-\$26	-\$50
СЭП RI-18, 3 сектора	\$1 386	\$1 386	\$1 386	\$634	\$250	\$58	-\$38	-\$86	-\$110
Expander (Ericsson)	\$2 334	\$2 334	\$1 291	\$523	\$139	-\$53	-\$149	-\$197	-\$221
Стд. ант. + TMA + TMB	\$3 742	\$2 733	\$1 197	\$429	\$45	-\$147	-\$243	-\$291	-\$315
Стд. ант. + коакс. каб.	\$5 641	\$2 569	\$1 033	\$265	-\$119	-\$311	-\$407	-\$455	-\$479

Зелёным цветом выделена наибольшая валовая прибыль ($\pm 10\%$).

4.3. Срок окупаемости соты при ARPU 6, 4 и 2 USD

Конфигурация соты стандарта GSM-960	Плотность абонентов, человек/км ²								
	256	128	64	32	16	8	4	2	1
	Срок окупаемости соты (100 MoU), дни								ARPU = 6 USD
СЭП RI-2951, 6 секторов	77	77	77	77	77	97	204	460	1 231
СЭП RI-2138, 9 секторов	66	66	66	66	72	151	332	829	3 315
СЭП RI-1096, 9 секторов	44	44	44	44	68	142	312	768	2 862
СЭП RI-912, 6 секторов	64	64	64	64	72	150	330	822	3 259
СЭП RI-741, 6 секторов	59	59	59	59	73	154	339	850	3 478
СЭП RI-457, 6 секторов	54	54	54	54	86	182	409	1 085	6 261
СЭП RI-372, 3 сектора	100	100	100	100	100	183	411	1 092	6 369
СЭП RI-229, 3 сектора	81	81	81	81	91	192	435	1 180	8 205
СЭП RI-162, 3 сектора	71	71	71	71	96	203	464	1 289	11 599
СЭП RI-132, 3 сектора	61	61	61	61	92	196	450	1 279	16 131
СЭП RI-66, 3 сектора	48	48	48	50	104	224	525	1 604	Убытки
СЭП RI-18, 3 сектора	46	46	46	94	200	462	1 326	20 610	Убытки
Expander (Ericsson)	48	48	82	174	394	1 079	8 272	Убытки	Убытки
Стд. ант. + TMA + TMB	42	56	116	252	610	2 095	Убытки	Убытки	Убытки
Стд. ант. + коакс. каб.	41	84	179	407	1 130	10 014	Убытки	Убытки	Убытки

Конфигурация соты стандарта GSM-960	Плотность абонентов, человек/км ²								
	256	128	64	32	16	8	4	2	1
	Срок окупаемости соты (100 MoU), дни								ARPU = 4 USD
СЭП RI-2951, 6 секторов	118	118	118	118	118	149	325	790	2 786
СЭП RI-2138, 9 секторов	100	100	100	100	111	237	553	1 658	Убытки
СЭП RI-1096, 9 секторов	67	67	67	67	105	223	516	1 499	31 481
СЭП RI-912, 6 секторов	98	98	98	98	110	236	549	1 640	264 017
СЭП RI-741, 6 секторов	90	90	90	90	113	242	565	1 713	Убытки
СЭП RI-457, 6 секторов	82	82	82	82	133	289	700	2 418	Убытки
СЭП RI-372, 3 сектора	154	154	154	154	154	290	703	2 440	Убытки
СЭП RI-229, 3 сектора	125	125	125	125	140	306	752	2 750	Убытки
СЭП RI-162, 3 сектора	109	109	109	109	148	325	809	3 163	Убытки
СЭП RI-132, 3 сектора	94	94	94	94	142	314	792	3 312	Убытки
СЭП RI-66, 3 сектора	74	74	74	77	162	363	952	5 087	Убытки
СЭП RI-18, 3 сектора	70	70	70	146	322	816	3 524	Убытки	Убытки
Expander (Ericsson)	73	73	126	277	683	2 567	Убытки	Убытки	Убытки
Стд. ант. + TMA + TMB	63	85	181	414	1 156	11 114	Убытки	Убытки	Убытки
Стд. ант. + коакс. каб.	62	130	286	710	2 767	Убытки	Убытки	Убытки	Убытки

Конфигурация соты стандарта GSM-960	Плотность абонентов, человек/км ²								
	256	128	64	32	16	8	4	2	1
	Срок окупаемости соты (100 MoU), дни								ARPU = 2 USD
СЭП RI-2951, 6 секторов	253	253	253	253	253	325	790	2 786	Убытки
СЭП RI-2138, 9 секторов	214	214	214	214	237	553	1 658	Убытки	Убытки
СЭП RI-1096, 9 секторов	140	140	140	140	223	516	1 499	31 481	Убытки
СЭП RI-912, 6 секторов	208	208	208	208	236	549	1 640	264 017	Убытки
СЭП RI-741, 6 секторов	190	190	190	190	242	565	1 713	Убытки	Убытки
СЭП RI-457, 6 секторов	172	172	172	172	289	700	2 418	Убытки	Убытки
СЭП RI-372, 3 сектора	340	340	340	340	340	703	2 440	Убытки	Убытки
СЭП RI-229, 3 сектора	270	270	270	270	306	752	2 750	Убытки	Убытки
СЭП RI-162, 3 сектора	234	234	234	234	325	809	3 163	Убытки	Убытки
СЭП RI-132, 3 сектора	201	201	201	201	314	792	3 312	Убытки	Убытки
СЭП RI-66, 3 сектора	155	155	155	162	363	952	5 087	Убытки	Убытки
СЭП RI-18, 3 сектора	147	147	147	322	816	3 524	Убытки	Убытки	Убытки
Expander (Ericsson)	153	153	277	683	2 567	Убытки	Убытки	Убытки	Убытки
Стд. ант. + TMA + TMB	132	181	414	1 156	11 114	Убытки	Убытки	Убытки	Убытки
Стд. ант. + коакс. каб.	130	286	710	2 767	Убытки	Убытки	Убытки	Убытки	Убытки

Зелёным цветом выделен наименьший срок окупаемости (±10%).