



## Обеспечиваем связь

Прежде всего почта, телефон, телеграф....

*Интернетизация жилища*

Одно из самых великих открытий, которые делает человек, один из самых больших сюрпризов для него – обнаружить, что он в состоянии совершить то, о чем со страхом думал как о превосходящем его силы.

Генри Форд

Строительство идет медленно, а технический прогресс идет быстро. Еще на этапе предварительного обдумывания общей концепции будущего дома были определенные идеи по поводу телекоммуникационного обеспечения. На тот момент я уже активно пользовался ресурсами Интернет/Интранет города Сосновый Бор, и приоритеты в получении этого сегмента услуг были уже определены. Пожалуй единственным решением организации доступа в Интернет из сельского дома приемлимым в ценовой категории, был только сотовый телефон. Тем более, что в ближайшее время были перспективы прихода SkyLink-a с его быстрым и сравнительно не дорогим Инетом. Существующий стандарт GSM с его GPRS не удовлетворял по скорости. Но реализация пришла как-то сама собой вместе с развитием Wi-Fi....

[Web камера №1](#)

[Web камера №2](#)

[На главную](#)

[Строим дом](#)

Обеспечиваем связь

[Теория](#)

[Практика](#)

[Железо 1](#)

[Наладка](#)

[Результат 1](#)

[Железо 2](#)

[Результат 2](#)

### Теория

Началось все со случайно обнаруженной [ссылки на Wi-Fi линк](#), длиной свыше 1 км. Подумалось, "не может быть", как пищалка мощностью в 50 мВт с штырьком в попе может пробив железобетонные стены, послать сигнал чуть-ли не до Марса. Тем более, что опыт работы с СВЧ электроникой и антеннами у меня уже был. Но все оказалось гораздо интереснее, и самое главное удивительно просто. Все дело в антенне и [соблюдении некоторых условий ее установки](#).

Во первых для наладки дальнобоя необходима прямая видимость, ибо 2,4 GHz легко заслоняются даже простым стеклом. Поэтому был взят фотоаппарат и на максимальном zoom-е в ясную погоду весной были сделаны несколько фоток в сторону города с различных частей дома.

[Выводы](#)[Советы](#)

## [Телефонизация](#)



Общий вид в сторону города

Почему весной, а потому что листьев нету и потенциальный обзор гораздо лучше. После тщательного просмотра при еще большем увеличении на компьютере были выявлены три оптимальных точки для установки WI-Fi антенн в городе.



Предпочтение по мере убывания отдавалось красному, зеленому, желтому. Красный конечно был самый лучший, ибо вообще не закрывался деревьями и был виден в любое время года. Теперь осталось вычислить адрес этого дома. А это

оказалось не просто, так-как в темноте все кошки серы, а из далека все дома одинаковы. Для точного определения адреса была синтезирована крупномасштабная спутниковая карта от Google, составленная из нескольких снимков.

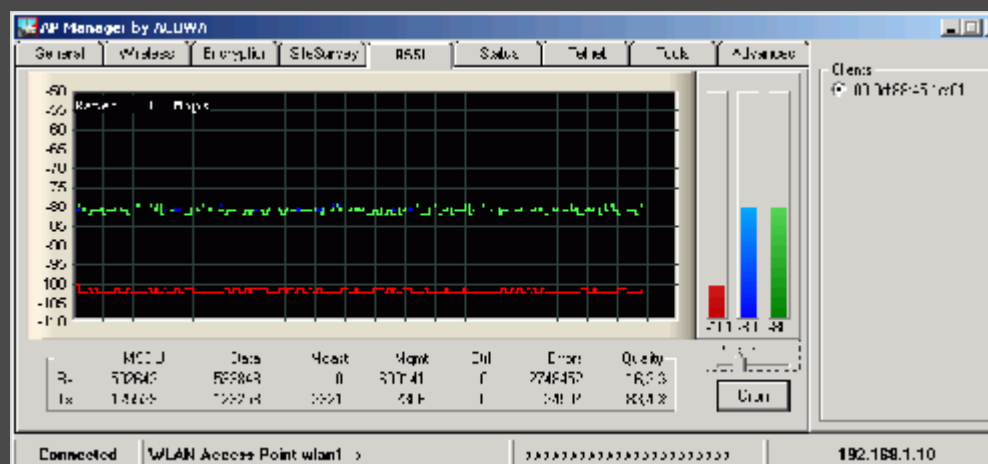


Карта с направлением и расстоянием от точки доступа до дома ([увеличить 1.1 Мб](#))

## Практика

После недолгих поисков в инете различных реализаций дальнобойных Wi-Fi линков, остановился на HELIX (спиральной) антенне и не дорогой точке доступа D-link DWL-2100AP. Почему спиралька, да потому что ее проще всего изготовить, т.к. на этих частотах изготовление качественного волнового канала ВЕСЬМА затруднительно, а все остальные антенны имели либо слабое усиление, либо большие габариты и как следствие - парусность. Ну и малогабаритность влечет за собой малозаметность для посторонних глаз.

Почему DWL-2100AP, а потому что эта железка дешева (~ 1500 р), у Wi-Fi дальнобоев накоплен достаточный опыт в ее использовании, в том числе и в качестве на антенной (уличной) установке, кроме того в Сети имеется прошивки СУЩЕСТВЕННО расширяющие частотный диапазон точки доступа (2.7Мб), ну прочие вкусности типа установки шифрования и фильтрации. И самое главное, наличие программы монитора/конфигуратора (2.9 Мб) от стороннего производителя, при ее помощи можно оценивать качество сигнала и условий приема/передачи во времени, а так-же управлять точкой (точками) доступа.



Скриншот монитора с состоянием качества сигнала и уровня шумов канала.

Первый вариант антенного комплекта, состоящего из двух одинаковых моноблоков, был сделан на пробу, но с таким расчетом и качеством изготовления, что в случае удачи он мог простоять на месте установки не менее 2-3 лет.



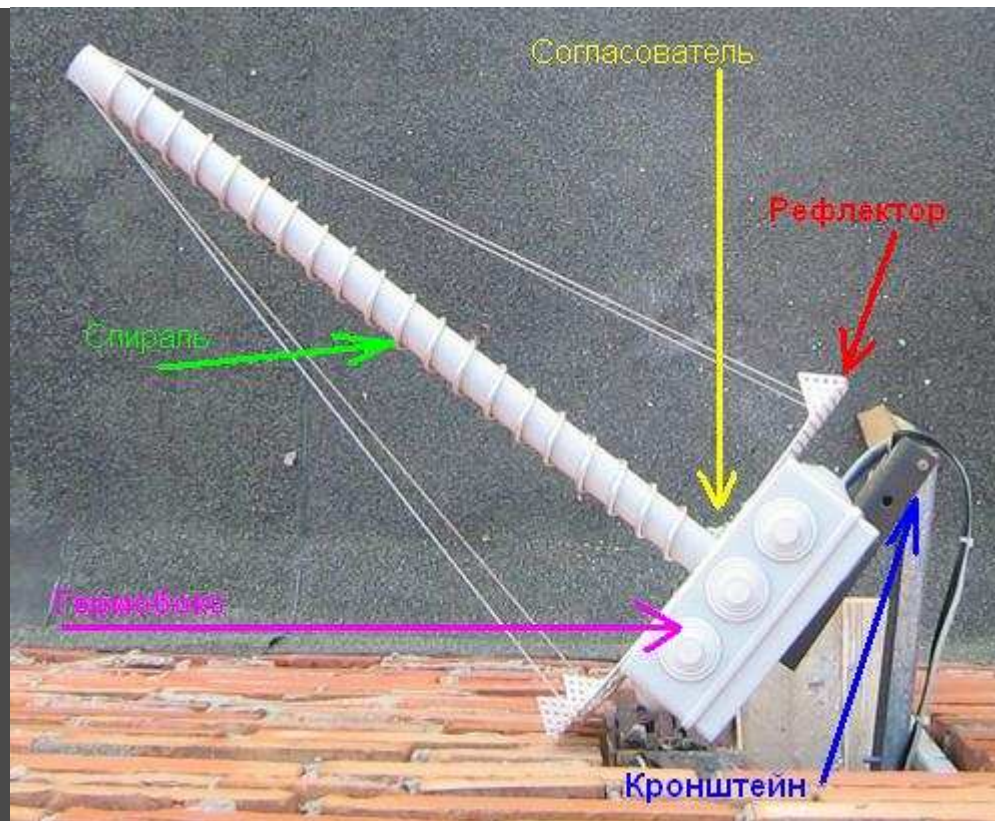
Установка Wi-Fi антенны на стене дома (клиентская часть)



Установка Wi-Fi антенны на стене дома (точка доступа)

### Железо 1

Собственно весь конструктив антенного комплекта состоял из: 1. Спиральной антенны с рефлектором, растяжками и согласующим устройством; 2. Брызгозащищенного (IP55) пластикового ящика (цена 98 р), закрепленного с задней части рефлектора. В этом ящике устанавливается собственно корпус DWL-2100AP. 3. Поворотного кронштейна для крепления всего комплекта на стене. 4. Шарнирного узла соединяющего поворотный кронштейн с рефлектором антенного блока (использовался VESA узел от ЖК-монитора).



В качестве рефлектора была использована крашенная эмалью железная штампованная решетка (продается в магазинах мебельной фурнитуры) размерами ~ 300x250 мм, отверстия не более 5 мм с таким-же шагом. Можно использовать сплошной лист, оцинковку, алюминий, фольгированный стеклотекстолит, размерами **НЕ МЕНЕЕ ДЛИННЫ ВОЛНЫ** (~ 13 см), минималисты-эстеты могут использовать алюминиевую крышку от кастрюли диаметром 13 см.

Спираль делается из **АЛЮМИНИЕВОЙ** жилы силового кабеля методом навивки на трубу диаметром 38 мм (эти трубы используются электриками и строителями для кабельных проходок в перекрытиях и стенах) на крайний случай можно использовать пластиковую канализационную трубу диаметром 40 мм. Материал трубы крайне желателен **ПОЛИСТИРОЛ**, но допускается любой не впитывающий влагу диэлектрик (при этом будет незначительно уменьшен коэффициент усиления за счет ВЧ потерь и рассогласования расчетных характеристик антенны) Диаметр жилы от 4,1 до 4,5 мм, при других диаметрах расчетные характеристики антенны уйдут в сторону, но не много, т.к. антенны данного типа достаточно широкополосны. Основную сложность составляет надежное механическое крепление трубы к рефлектору, я использовал полистироловый патрон от малогабаритной коммутаторной лампы, он имел фланец с и плотно входил в трубу на 15 мм. Соединение патрона с трубой было усиленно суперклеем, а для надежности противоположный конец трубы зафиксирован к рефлектору растяжками из 1 мм лески. Навивка спирали делалась в два этапа, сначала просто навилась на кусок трубы-оправки виток к витку, потом на этой же трубе аккуратно и равномерно растягивалась до приблизительно расчетного шага. Далее бралась другая труба и на ней по линейке наносилась разметка рассчитанного шага витков. Вдоль оси трубы с правой левой стороны получившихся меток на расстоянии ~2.5 мм сверлились отверстия диаметром 3 мм (только одну стенку трубы). Потом на трубу одевалась спираль и с матюгами, аккуратно прицепляясь нейлоновыми стяжками, продеваемыми через

просверленные отверстия. (hint! для протаскивания стяжки в соседнее отверстие, загните кончик под очень острым углом, ползуйте пинцетом и утконосами) После этого спираль аккуратно подправлялась пальчиками для формирования равномерного наклона витков и формировался хвостик для установки в согласователь. (делайте с запасом). Постарайтесь с ориентировать трубу со спиралью дырками вниз, для предотвращения попадания осадков. **Одно очень важное замечание**, дальше от рефлектора начало спирали должно в точности совпадать с концом спирали уходящим с согласователь, иначе говоря **количество витков должно быть числом целым**. а не 14.123 или 5.97, **намотка должна быть на всех антеннах в одну сторону** в какую не важно. Спираль больше 12-14 витков делать почти бессмысленно, но так как навивается она очень просто, я сделал 20, что-бы было....



Согласователь изготовлен из ВЧ разъема CP75, из которого предварительно была вынута начинка. Геометрия данного разъема, и способ его крепления очень подошли под рассчитанную геометрию согласующего коаксиального четвертьволнового трансформатора. Изготавливалось следующим образом. В фторопластовой вставке "корпусной" (с фланцем) части высверливается отверстие чуть меньше диаметра проволоки спирали. Аналогично высверливается и "кабельная" часть, при сборке из вставок "корпусной" и "кабельной" части фторопластовые вставки образуют шайбы-держатели центральной жилы. В самой жиле по центру вдоль оси сверлится отверстие диаметром 1,8 мм (сложно сцуко, но сделал), туда по самую шляпку вкручивается **ЖЕЛЕЗНЫЙ** винт, шляпка зачищается и лудится. Этот изврат нужен для надежного электрического контакта алюминиевой жилы с медной жилой пиг-тэйла (короткий кусочек 50 омного кабеля от согласователя до ВЧ разъема точки доступа). Оставшиеся детали от CP75 используем по прямому назначению. К шайбе с "зубами" припаиваем экран ВЧ кабеля, не забыв надеть на кабель герметизатор, шайбу и запорную гайку. Центральную жилу припаиваем к винту в алюминиевой спирали (еще более сложно, но то же сделал) После **АККУРАТНОЙ** затяжки ;) запорной гайки, получился вполне приличный классический четвертьволновой согласующий транс. Для выдержки геометрических пропорций от начала коаксиального согласователя до экрана, фланец "корпусной" части крепится к экрану при помощи стоек длиной 4 мм и внутренней наружной резьбой М3 (такими стойками фиксируются компьютерные разъемы LPT или COM). Инженерное образование подсказывало, что получилась какая-то хня, но внутренний "данунах" сказал "так сойдет".... Сошло. Но не обольщайтесь на таких частотах такие решения не всегда проходят. Согласователь считался по книжке "Антенны" К.Ротхаммеля (5,5 Мб.djvu), предварительно ознакомившись со "Спиральные антенны" О.А.Юрцев (2.6 Мб.djvu), и еще целой кучи интернет-макулатуры с интегралами и фрактальными антеннами.



Собственно точка доступа для максимального снижения потерь в ВЧ кабеле была прикручена прямо к самой антенне. По крайней мере это существенно скомпенсировало "пофигизм" при изготовлении элементов антенны. Питание к точке подается родным источником питания, т.е розетка ~220в должна находиться рядышком, в пределах 1-1.5 метров от антенны. Это накладывает серьезные ограничения на расположение антенного блока и электробезопасность. Для защиты офисной железяки от дождя, снега и радиоактивных осадков был взят обычный пластиковый кабельно-распределительный бокс ТУСО шириной ~200мм (продается в любом магазине электротоваров). Все кабельные пробочки из комплекта бокса были установлены на свои места и промазаны силиконовым герметиком, в нижней средней пробке сделана минимально необходимая прорезь для выпуска кабелей питания, ВЧ и витой пары. Морозоустойчивость точки обеспечивается обильным энерговыделением чипов, поэтому страшен только перегрев летом, но по моему опыту глюков с перегревом не замечался, может быть просто повезло с железками.





Вид с места установки дочки доступа

Для удобной фиксации антенного блока к стене был изготовлен хитрый поворотный кронштейн, состоящий из 2 гнутых швеллеров. Размеры были подобраны так что-бы, один швеллер с натяжкой вкладывался в другой. После этого одна из сторон сверлилась и стягивалась болтами М6 с гроверами и гайками. Получился импровизированный шарнир позволяющий поворачивать антенный блок в горизонтальной плоскости почти на 180 гр. В неподвижном "настенном" швеллере имеются отверстия для крепления к стене шурупами или на предварительно установленные шпильки. Фиксация в нужном месте добивается затяжкой шарнира. Не ахти как, но ветер не сдувает. Металл швеллеров должен быть достаточно толстым (>2.5 мм) и хорошо воспринимать нагрузки кручения. В качестве бонуса для себя любимого решил установить так-же и шарнир вертикального отклонения, мало-ли понадобится, идеальным решением был VESA кронштейн от ЖК монитора, благо их нашлось два одинаковых в хламе. Но эта фишка не понадобилась.

### Наладка

Естественно перед установкой по местам постоянной дислокации всё железо было тщательно настроено как с логической стороны так и с электронной.

Шаг 1. Поднять сетку на два кома при помощи кроссоверного патчкорда



Шаг 2. Поочередно подключить точки доступа к компу для начальных настроек при помощи программы монитора/конфигуратора



Шаг 3. Поочередно отконфигурировать точки доступа согласно картинок

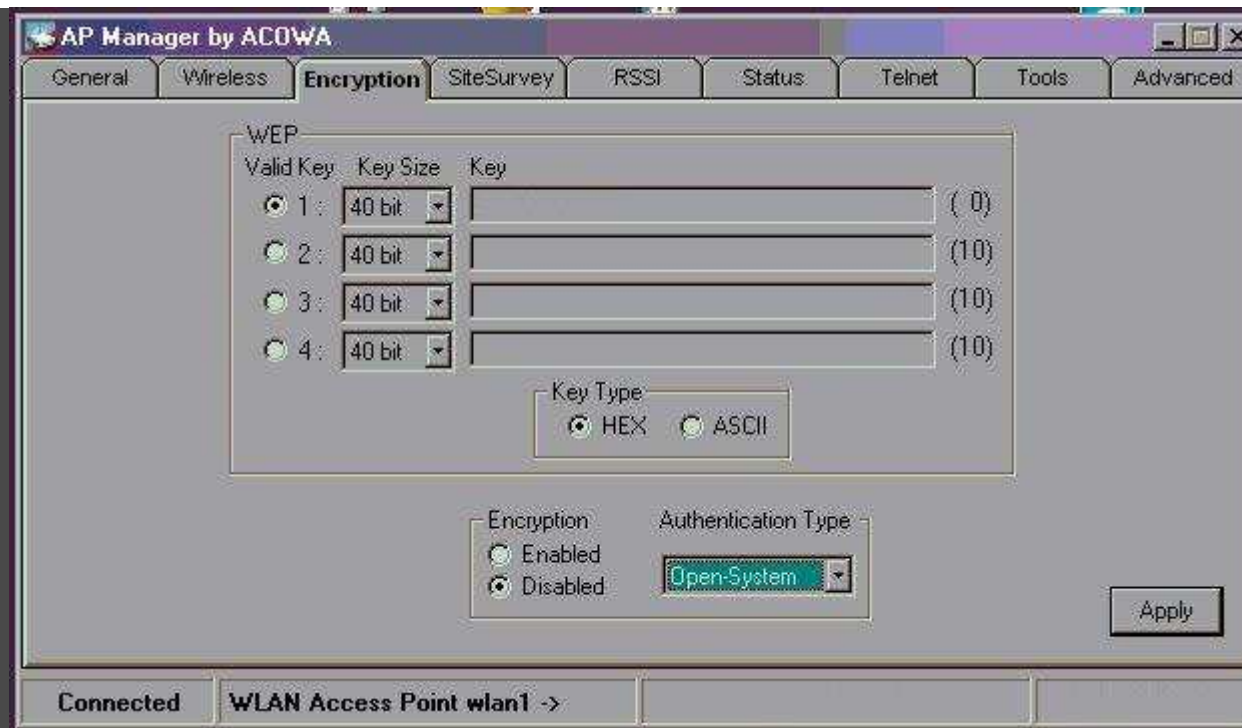
The screenshot shows the 'AP Manager by ACOWA' application window. The 'General' tab is selected, and the 'LAN' section is active. The interface includes the following elements:

- General Tab:** Contains fields for 'IP Address' (set to 'IP точки'), 'Username' (set to 'Имя пользователя'), and 'Password' (with a 'Скрыть пароль' checkbox checked). There are 'Connect' and 'Disconnect' buttons.
- LAN Section:** Contains fields for 'IP address' (set to 'IP точки'), 'Subnet Mask', 'Default Gateway', 'Host IP Address' (set to '0.0.0.0'), 'Get IP From' (set to 'Static(Manual)'), and 'MAC Address' (set to 'запишите его').
- Advanced Section:** Contains 'Discover devices' and 'Password request check' buttons.
- Change Section:** Contains 'Login' and 'Password' fields, and an 'Apply' button.
- Status Bar:** Shows 'Connected', 'WLAN Access Point wlan1 ->', 'IP точки', and 'IP компа'.

Тут вроде все понятно, стандартная IP конфигурация



Для первоначальной настройки этого достаточно



Не надо прятаться от самих себя, сначала наладимся, а потом смимикрируем

Шаг 4. Собрать настольный линк, поиграть с настройками секюрити и режимами доступа, запомнить уровни сигналов, оценить скорости по Wi-Fi и реальные скорости по прочке больших файлов. Вернуть все назад к шагу 3. Запомнить MAC адреса каждой из точек.



Шаг 5. Смонтировать точки доступа в антенные комплекты. Найти второго фанатика Wi-Fi связи. Устроить полевой день с пьянкой. Убедиться что ничего не работает. Вернуться к шагу 4, обнаружить неверную цифру в настройках, вырвать волосы из всех мест. Пройти шаг 5 и получить рабочий линк на 1.2 км. Запомнить уровень сигнала и оценить скорости передачи по прочке больших файлов. Порадоваться тому что теория подтверждается практикой. Построить глобальные планы по Wi-Fi-изации всей страны, включая собаку президента. ;)

Шаг 6. Провести еще один полевой день с наколенной установкой антенных комплектов на местах будущей постоянной дислокации. Убедиться в работоспособности линка на 5 км. Оценить уровни сигнала и оценить скорости передачи по прокачке больших файлов. Энтузиазм глобальных планов существенно заглохнет.

Шаг 7. Стационарно установить антенные комплекты, пробросить коммуникации к местам установки с обязательным соблюдением условий электробезопасности и воров-вандалоустойчивости. а так-же с оглядкой на грозу и удобство обслуживания. Замечу сразу, что законная установка подобной системы в нашей стране может растянуться до бесконечности, поэтому делается все на свой страх и риск, а так-же по устаревшему врачебному принципу "не навреди". Т.е. не загадь эфир людям ЗАКОННО использующим частоты, не заглуши эфир людям незаконно использующим частоты, не сломай существующие коммуникации в месте установки, не побеспокой людей живущих рядом, не испортить видом антенны красоту архитектурных изысков серийного советского дома.

## Результат 1

А в результате реализации первого варианта антенного комплекта получилось нечто своеобразное. Во первых это РАБОТАЕТ! Про уровни сигналов говорить не буду, т.к. приведенные попугаи ничего не объяснят. И оценка скорости соединения оказалась весьма затруднительна, по Wi-Fi скорость прыгает от 1 Мбит/С до 24 Мбит/С, а по реальной прокачке файлов показывала 100-150 Кбайт/С. Фиксация скоростей и беготня по 13 доступным Wi-Fi- каналам ничего принципиально лучшего не дала. Прыжки по Wi-Fi скорости в процентном соотношении составляли следующее 20-40% - 1 Мбит/С, 50-70% - 11 Мбит/С, 10-20% - 18 Мбит/С, 1-5% - 24 Мбит/С. Включение - выключения всяких режимов типа SuperG или игра с мощностью то-же принципиально не улучшила качество линка. По ощущениям эти функции просто не работали. Мало того среднесуточные наблюдения за реальными скоростями дали не совсем объяснимую статистику. Например вечером реальная скорость падала до 9-20 Кбайт/С и была очень не устойчивой, в смысле линк не падал совсем, но как-то "замирал" на 3-7 секунд, при этом реальная скорость прыгала в очень широких пределах. От погоды данное явление не зависело, и повторялось 2-3 раза в неделю, начиная с 20-22 часов до 1-2 ночи. Хочется отметить влияние погоды на качество линка, дождь в сильных проявлениях снижал скорость на 15-20%, туман на 40-60%. "Замирания" отчасти можно было-бы объяснить авроральными явлениями но они на этих частотах в прямой видимости не должны так влиять, хотя эфир штука тонкая, черт его знает что там происходит. Отчасти можно было-бы объяснить "сильным умом точки" применяемым при слабом сигнале. И ещё,,, начал грешить на листву деревьев, т.к. после прикидок по месту установки точки доступа в городе, был выбран вариант, при котором на пути линка оказалось дерево (3-4 метра жидкой кленовой листвы). Пришлось перенести клиентскую часть на столб рядом с домом, откуда открывалась прямая видимость на городскую точку доступа. Но никакого влияния на качество сигнала эта операция переноса не оказала. :(

**В итоге можно оценить работу первого варианта на 3,2 балла из 5.** Один из способов устранения нестабильности работы линка было решение перешить точки доступа с заводскими 50 мВт, прошивкой разгоняющей чип передатчика до его предельных 100 мВт. Т.е. тупо увеличить мощность. **Дети не делайте ЭТОГО!** Это ничего не даст! Но хотелось идти до конца и перепробовать все варианты. Хочу дать несколько советов по прошивке DWL-2100AP, вымученных жестокой ходьбой по граблям: 1. Шейте только софтом которым конфигурировали точку доступа, там есть раздел FTP программатора. 2. Скачайте последнюю прошивку от производителя и проверьте в Инте отзывы пользователей о ней (не факт что она лучше). 3. FTP программатором слейте текущий образ прошивки и сохраните его. 4. Не шейте точку доступа через Wi-Fi линк. 5. Будьте морально готовы к потере железки навсегда, или по крайней мере узнайте как её выводить из коматозного состояния, и сможете-ли вы это сделать самостоятельно. 6. В точности следуйте инструкциям приложенным в описании прошивки.

После нескольких безуспешных попыток удалось таки прошить железо на "клиентской" стороне линка. С трудом, при помощи IP сканера, удалось найти IP-шник точки, он оказался вместо родных 192.168.0.50 на 192.168.1.50, в описании этого не сказано. После определенных шаманских действий удалось восстановить линк с точкой доступа в городе. Итак,

что мы поимели от перепрошивки. Из плюсов хочется отметить увеличившиеся количество каналов, в программе мониторе/конфигураторе появился столбик уровня шумов, и все..... Из минусов - это отсутствие HTTP интерфейса для удаленного конфигурирования точки. В остальном преимуществ над заводской прошивкой данная прошивка не имеет. Обещанные 100 мВт есть, но как оказалось, на качество линка никакого влияния в лучшую сторону это не дало. Мало того, при игре мощностью, можно отметить что снижение мощности до 10 мВт практически никак не сказывается на качестве линка. И только последующее снижение дает видимое ухудшение. И тем не менее данная прошивка была оставлена только из-за наличия нестандартных каналов. В последствии была перешита и точка доступа в городе. Использование нестандартных каналов дает помимо повышения секюрити, возможность выбора наименее зашумленного. Кстати отметил, что точка доступа находящаяся ближе к земле имеет большее кол-во шумов, **следовательно постарайтесь подымать повыше, но с соблюдением жесткости крепления.**

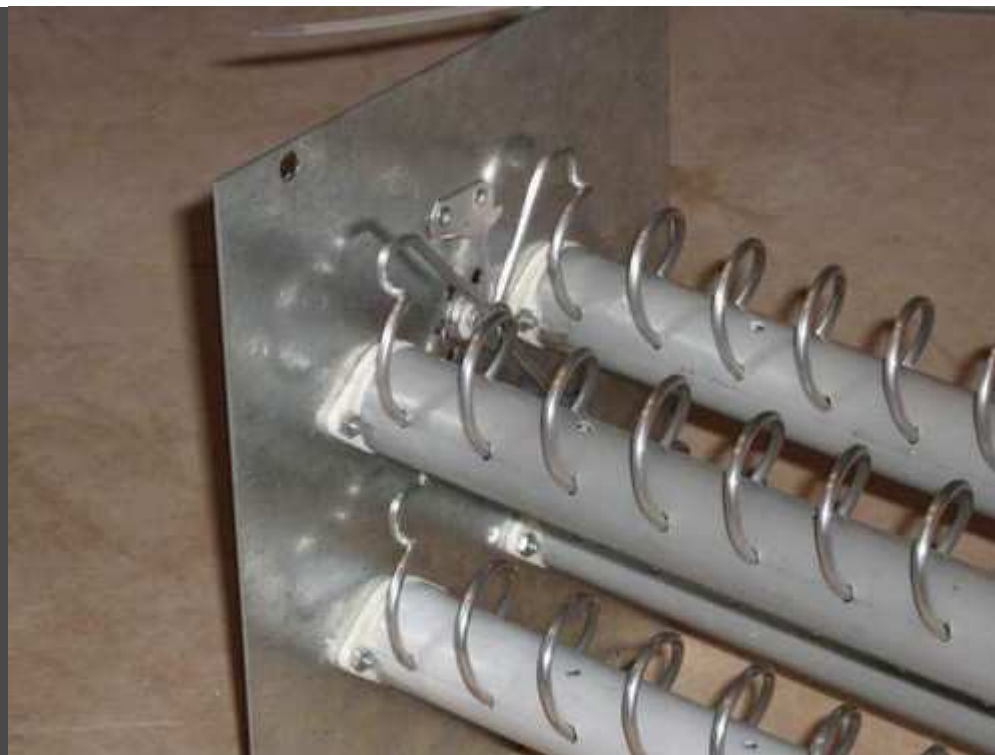
## Железо 2

После опробования всех известных "легких" вариантов решения проблемы нестабильности Wi-Fi линка, было принято решение об изменении конструкции антенны. По советам и активной теоретической и практической помощи со стороны более опытных радиолюбителей (дай бог им здоровья и много много деток) был создан четырехрогий монстр по мотивам четверной антенной решетки от Ротхамелля и [готового решения из-за бугра](#).



На картинке можно увидеть антенну HELIX эволюцию от малого к большому.

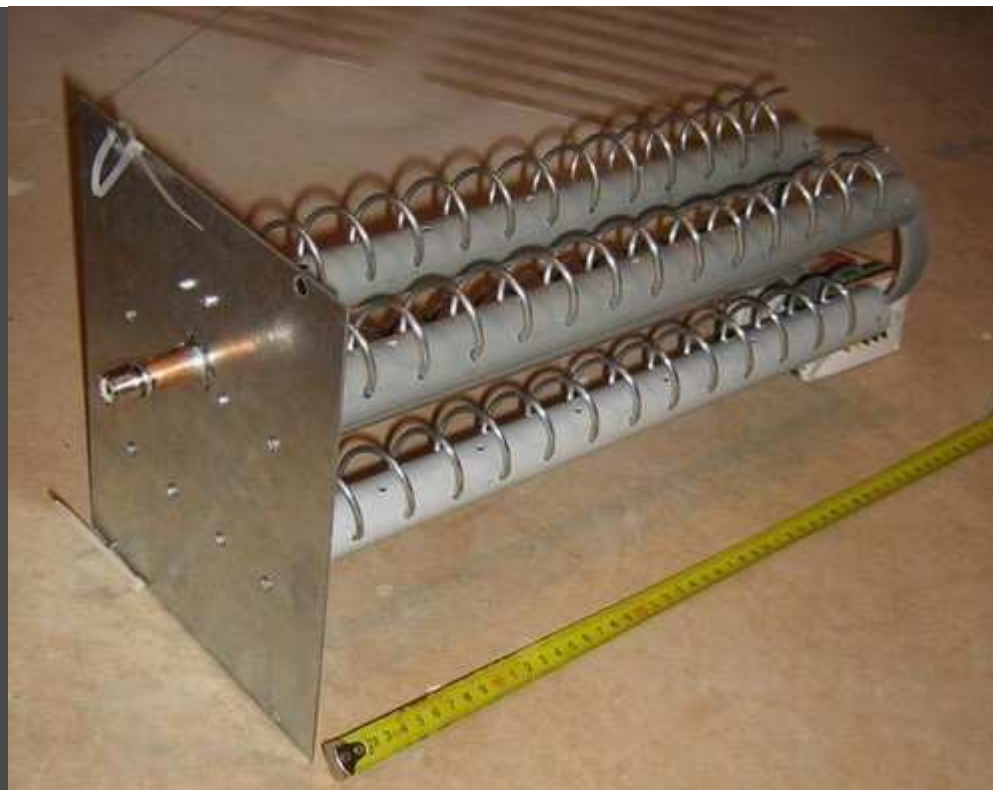




Счетверенная антенная решетка из спиральных антенн (в верх ногами)



Общий вид



Вид сзади (виден коаксиальный согласующий трансформатор)

Как видно из рисунков часть решений перекочевала из "варианта 1" например способ крепления труб к рефлектору и сами трубы, а так-же использование ВЧ разъемов в качестве частей согласующего трансформатора. Но часть решений реализована более продвинуто. Хочется отметить применение полосковых трансформаторов в качестве одного из элементов согласующего аппарата, а также снижения влияния материала трубы на ВЧ свойства антенны за счет изменения способа крепления спирали. В качестве рефлектора применен лист оцинковки 2,5 мм толщины, для снижения теплоотвода при пайке согласующего коаксиального трансформатора, вокруг посадочного места в рефлекторе просверлены 6 отверстий. В остальном компоновочные решения по размещению бокса с точкой доступа и способом крепления антенного блока, остались прежними.

Первое время эта решетка работала в паре со старым одиночным HELIX-ом, но уже через две недели старая версия была заменена на тройной HELIX...

## Результат 2

Итак после 2-х месяцев беготни по крышам и висения на столбе, рядом с проводами под напряжением, получили приемлимые для любительского исполнения потребительские качества доступа в Интернет... Коротко о получившихся улучшениях: 1. после установки счетверенного монстра, увеличился уровень принимаемого сигнала по шкале программы монитора/конфигуратора, субъективно в 2.3 раза (более точно сказать сложно, ибо сигнал постоянно гуляет на 15-25 % 2.

после установки строенного монстра на клиентской стороне, сигнал еще подрос, приблизительно на 15-20%. Изменилось соотношение Wi-Fi скоростей - 1 Мбит/С 2-8 %, 11-12 Мбит/С 60-70%, 18 Мбит/С 30-40%, 24 Мбит/С 9-13%. И самое главное появилась стабильность линка, теперь независимо от погоды и времени суток прокачка длинных файлов давала 300-600 Кбайт/С, иногда скорость доходила до 980 Кбайт/С и составляла до 30% времени прокачки. [Второй вариант можно оценить на 4.6 балла из 5.](#)

## Выводы

**Результат превзошел все ожидания!!!** Перед созданием линка считалось, что если получится хотя-бы 1 Мбит/С, то задачу можно было считать выполненной, на крайний случай можно было-бы смириться с 256 Кбит/С. Но получить стабильные и честные 4 Мбит/С на расстоянии 4.7 КМ, при затратах менее 3500 руб ( ~130\$) это очень, очень хорошо. НО!!! Что хорошо для любителя, может быть не совсем приемлемо для проффи. [У данного решения, помимо главного достоинства - цены, есть существенные недостатки.](#)

1. Оффисное исполнение оборудования с соответствующими механическими, электрическими и температурными ограничениями
2. Не сертифицированные (самодельные) антенны, хотя в нашей стране наличие сертификата не гарантирует никаких обязательств по качеству, и наоборот.
3. Отсутствие разрешения на использование радиопередающего устройства, из-за того что к нему подключена не родная антенна. При этом за счет изменения диаграммы направленности происходит изменение паспортного dBi, что уже является нарушением.
4. Выпонение работ по подводу коммуникаций, без оформленных в должном порядке документов. (естественно договоренности все были получены, но ...)

Как видно из приведенных пунктов, коммерческое использование приманивает к себе ораву нахлебников, делающим подобные линки коммерчески рискованным предприятием, даже на хорошем оборудовании заводского изготовления. Но с другой стороны, альтернатива подобной скорости доступа, только кабель, а на такое расстояние, только оптика, и цены тут будут запредельные. Об окупаемости можно говорить, только при обустройстве многоканальных магистральных Wi-Fi линков с [заводскими параболическими антеннами.](#)

## Советы

1. Используйте данное решение только в любительских целях. На свой страх и риск.
2. Прошивку для расширения диапазона можно (но не очень нужно) использовать только для организации Wi-Fi мостов типа "точка-точка"
3. Не пренебрегайте мерами по грозозащите и электробезопасности (второй вариант антенного решения имеет короткозамкнутую антенную решетку)
4. Располагайте точку доступа с максимально удобным доступом для обслуживания. Постарайтесь разнести точку доступа и антенну на 2-3 метра (например антенна за окном, точка доступа в квартире)

5. В тяжелых случаях размещения антенного блока питайте точку доступа по Ethernet кабелю используя технологию [Power over Ethernet \(PoE\)](#), не жалейте средств на это решение.

6. При проработке теоретического этапа, поинтересуйтесь о коммерческом использовании Wi-Fi частот в вашей местности, если наедете на организацию пользующую каналы W-Fi на законных основаниях, им будет очень обидно, а Госсвязьнадзору радостно.

7. Если нет прямой видимости, забудьте о Wi-Fi. Постройка мачт и вышек связана с большими материальными и душевными затратами.