

Об испытании излучения передающей ВЧ модели ЛМАН№4ВЧ с помощью приёмной ВЧ модели МАН№9ВЧ

Арий Борисович Ляско
Радиоинженер,
канд. физ. - мат. наук, Ph.D.
E-mail: lyasko.ariy@mail.ru

1. Впервые в настоящем году была создана автором малогабаритная **ВЧ** передающая линейная магнитная антенна для использования в Мегагерцовом диапазоне электромагнитных волн. На **Фото.1** представлен вид модели **ЛМАН№ 4ВЧ** в герметичном корпусе длиной **84 см** и диаметром порядка **11 см**, рассчитанной на подведённую к ней мощность не менее **300 Ватт** для возможного использования в диапазоне **от 1 до 8 МГц**.

Её **соленоид**, создающий продольное магнитное поле рассчитан на подачу переменного тока амплитудой не менее **25 Ампер** и работу при переменном напряжении не менее **5 Киловольт**.



Фото.1.

На поверхности поперечного отсека она обладает двумя **ВЧ** разъёмами: один для подсоединения коаксиального **50 Ом** кабеля для подачи от **УМ ВЧ** тока питания соленоида продольного магнитного потока в теле модели **ЛМАН№ 4ВЧ**, являющегося источником её электромагнитной радиации, а второй — для снятия переменного напряжения пропорционального величине упомянутого тока. В данном отсеке размещается конденсатор резонансной ёмкости C_0 , подсоединённый последовательно с индуктивностью упомянутого соленоида продольного магнитного поля, образуя тем самым последовательный колебательный контур упомянутого тока «возбуждения» **ВЧ** продольного магнитного поля. В процессе испытаний данная модель **ЛМАН№ 4ВЧ** установлена наружи лабораторного помещения и соединена с **Усилителем Мощности (УМ)** фидером длиной 20 м в направлении её продольной оси «Юг — Север», как это можно увидеть на **Фото. 2**.



Фото.2.

Испытания проводились на частоте несущей $f = 5.3 \text{ МГц}$, поданной к модели *ЛМАН* № 4ВЧ. Для данной частоты несущей $f = 5.3 \text{ МГц}$ длина волны $\lambda = 56.6 \text{ м}$. Как принято зону дистанций D тсчёта уровня радиоизлучения (приёма) от источника электромагнитного излучения *ИЭИ* (от передающей антенны), находящуюся в пределах $D_{бз} = \lambda/2\pi$ принято считать его «*Ближней зоной*» излучения, характеризуемой сложным законом изменения уровня радиоизлучения при изменении дистанции D . В данном случае $D_{бз} = 9 \text{ м}$. В инженерных кругах принято считать, что «*Дальняя зона*» излучения начинается с дистанций $D_{дз} = 3 \lambda$. В данном случае $D_{дз} = 169.8 \text{ м}$.

П.С. Ляско [1], проводивший измерения уровня принятого сигнала в ряде пунктов от передающей модели *ЛМАН* № 4ВЧ на *пересечённой местности*, изобразил их на карте, представленной на **Фиг.1**



Фиг.1

2. В лабораторном помещении расположена контрольно- измерительное и силовое оборудование для контроля режима работы как самой передающей антенны *ЛМАН* № 4ВЧ, так и обеспечивающих её нормальное функционирование устройств.



Фото.3.



Фото.4.



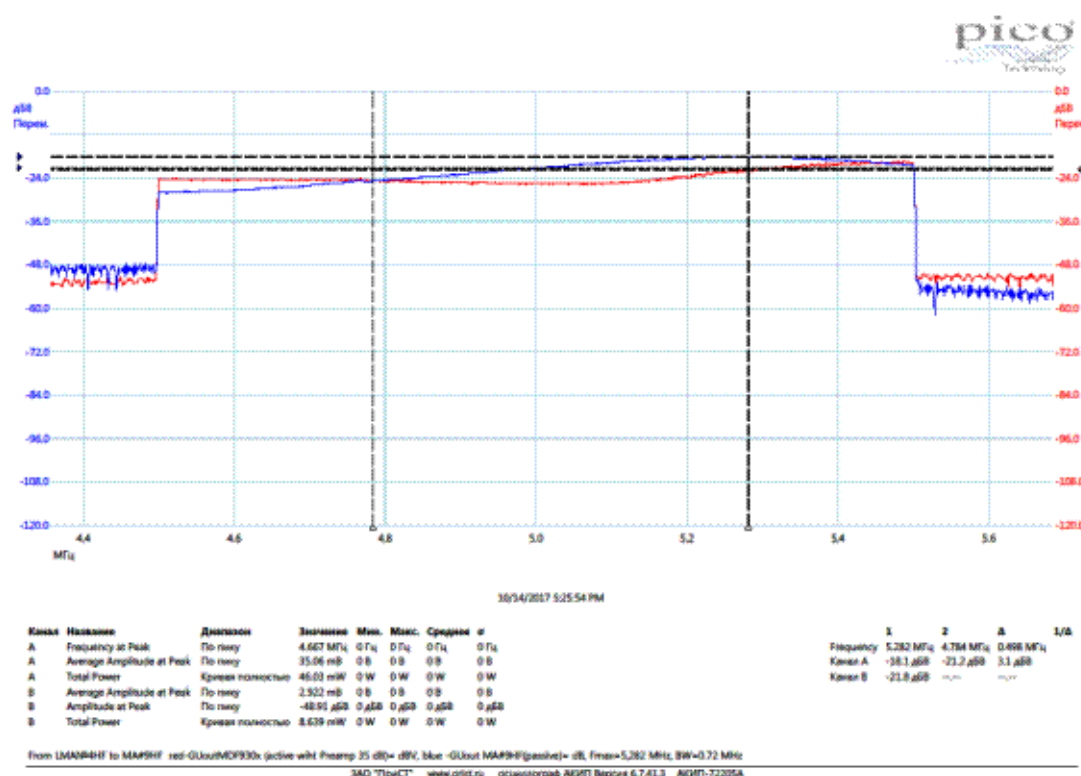
Фото.5.

Это: а) двух канальный **Функциональный Генератор (ФГ)** типа АКИП- 3409/2 на частоты до **10 МГц** (расположен слева на второй полке **Фото.5**), б) **Линейный ВЧ усилитель мощности** типа **KL505** (расположен справа внизу **Фото.5**), питаемый от источника постоянного напряжения **13.5 В** при токе до **30 А** на диапазон от **1.7 МГц до 30 МГц**, в) **Линейный ВЧ усилитель мощности** типа **BLA350** , питаемый от сети переменного напряжения **50 Гц**, на диапазон от **1.7 МГц до 30 МГц** (расположен слева внизу на **Фото.5**), и г) **виртуальный цифровой 12 бит четырёхканальный осциллограф — анализатор спектра до 10 МГц** типа АКИП-4110/1 (на второй полке слева над ФГ на **Фото.5**)

3. На **Фото.3** представлен на штативе вид **стандартной активной с 35 дБ предусилителем приёмной антенны на диапазон от 9 КГц до 30 МГц** типа **MDF 930х**. На **Фото.4 а)** в верхней часть слева представлен вид в герметичном корпусе (**диаметр 4 см, длина 33 см**)

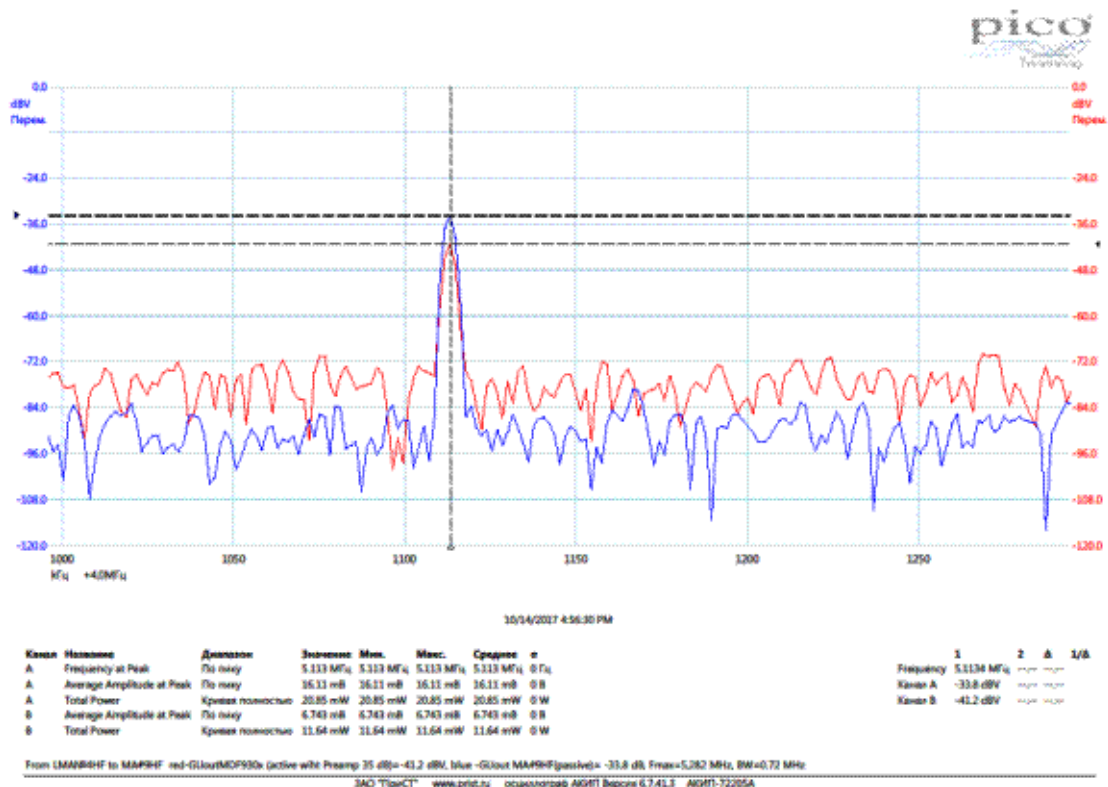
собственноручно разработанная и изготовлена автором *пассивной ферритовой приёмной антенны MAN# 9BЧ* для измерений частоты в диапазоне от *0.1 МГц до 8 МГц*, б)

Цифровой прецизионный приёмо — передатчик типа *IC-7300*, используемый автором исключительно как *высоко чувствительное приёмное устройство* на диапазон от *30 КГц до 30 МГц* со *штыревой 80 см телескопической приёмной антенной (ШТПА)*. 3.1.Автором предварительно было проведено сравнение возможности регистрации уровня сигнала, излученного в «*Ближней зоне*» от модели *ЛМАН# 4BЧ* в интересующей полосе частот, при использовании приёмной активной антенны типа *MDF 930x* и модели *MAN# 9BЧ* во время снятия *амплитудно — частотной характеристики (АЧХ)* модели *ЛМАН# 4BЧ* в близи частоты несущей $f = 5.3 \text{ МГц}$, представленной на **Фиг.2**.

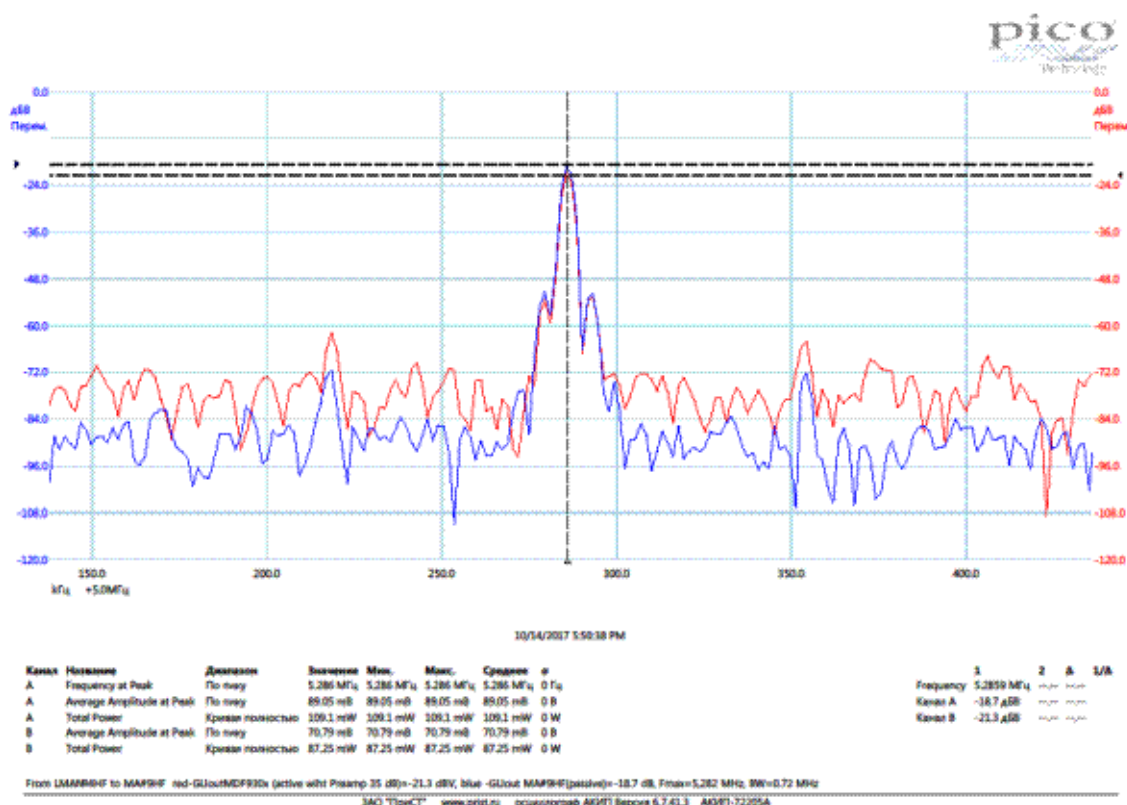


Фиг.2

Можно на основе сравнения результатов измерения уровня сигнала и их *АЧХ*, приведённых на **Фиг.3** и **Фиг.4**, при нахождении обеих на одном и том же расстоянии в лабораторном помещении от места размещения модели *ЛМАН# 4BЧ* (см. **Фото.2**) для $f=5.113 \text{ МГц}$ и $f=5.286 \text{ МГц}$, — было прийти к решению, что измерения на пересечённой местности нужно производить, используя для регистрации сигнала от *ЛМАН# 4BЧ* в качестве приёмной антенны модель *MAN# 9BЧ* и *Виртуальный 8 бит двуканальный осциллоскоп- анализатор спектра* типа *АКИП-72205А*, внешний вид которого представлен справа от *ШТПА* сверху *IC-7300* на **Фото.4**.



Фиг.3

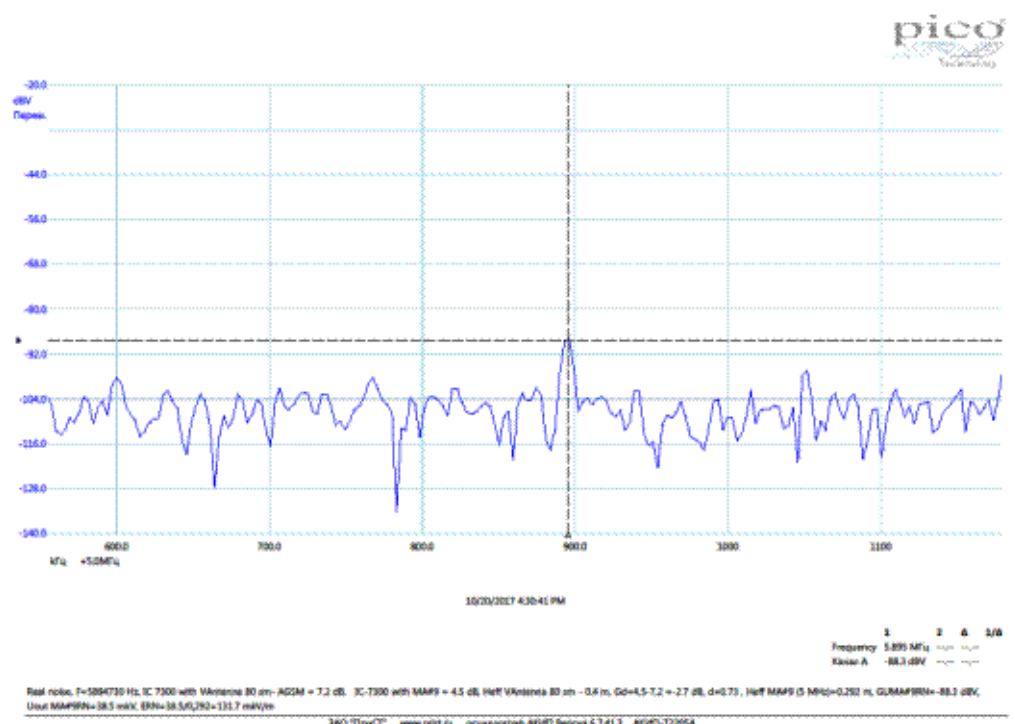


Фиг.4.

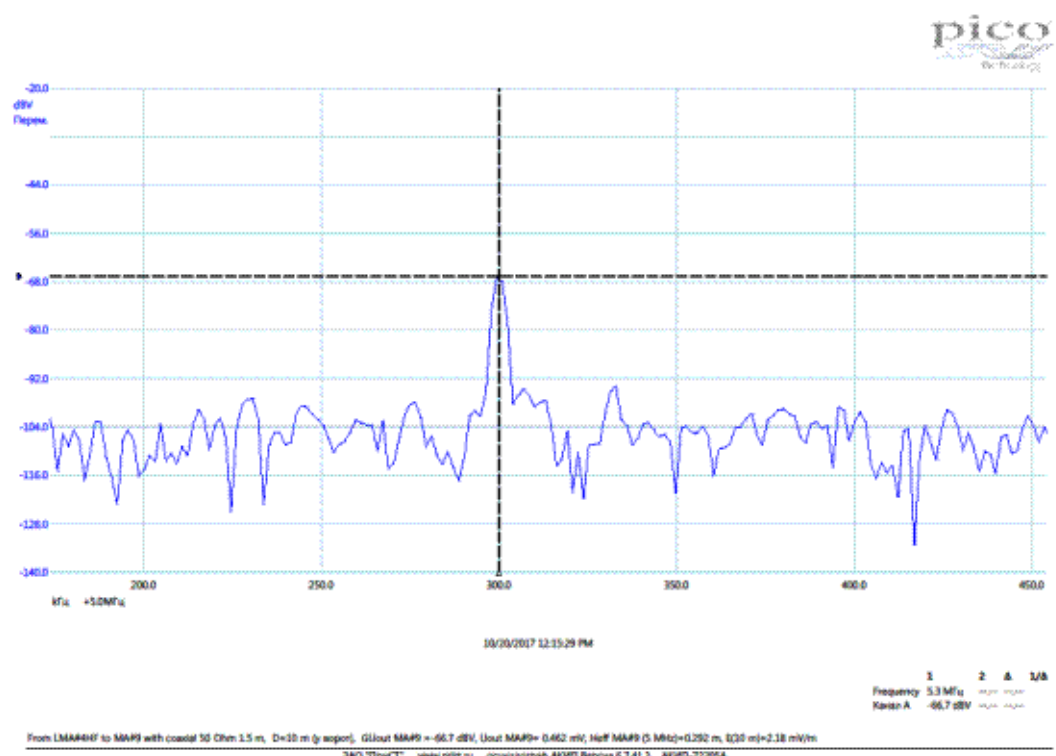
3.2. Перед проведением описываемого испытания автор вынужден был оценить так называемую «Действующую высоту» $H_{эфф}$ модели **MANe 9BЧ**, воспользовавшись сравнением

работоспособности измерять реальный эфирный фон с помощью **IC-7300** при использовании по очереди в качестве приёмной антенны упомянутую **80 см ШТПА** и модель **MANe 9BЧ** для регистрации одного и того же сигнала из эфира, близкого к упомянутой несущей частоте $f = 5.3$ МГц. На Фиг. 5 представлена кривая спектральной плотности одного из эфирных

сигналов, принятых *IC-7300* и *MANo 9B4*.



Фиг.5.



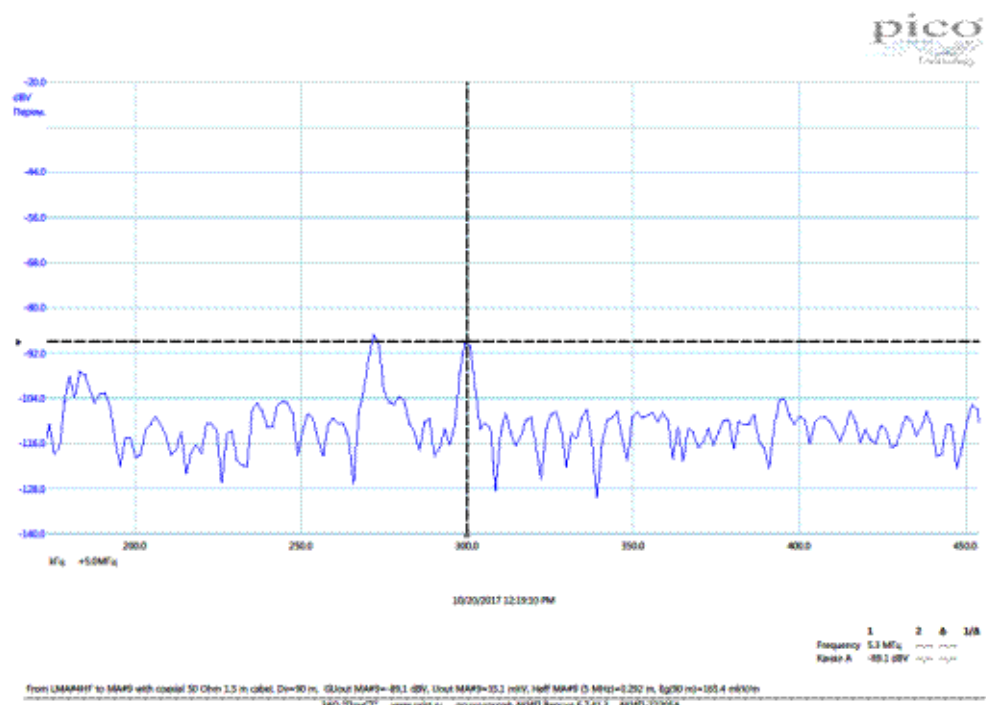
Фиг.6.

Следует принять во внимание, что приёмное устройство *IC-7300* для сигналов передатчиков работающих в режиме *SW* (без модуляции — только на частоте несущей) обладает чувствительностью порядка 0.1 мкВ , тогда как *АКИП-72205А* имеет минимальную шкалу в 50 мВ . Это значит, что вряд ли возможно измерение сигналов в 5 МГц диапазоне менее 5 мкВ . Как следует из текста в нижней части Фиг.5, уровень принятого сигнала с помощью *АКИП-72205А* составил величину 38.5 мкВ . При использовании 80 см ШТПА *IC-7300* зарегистрировал уровень сигнала данной станции близкий к значению 7.2 дБ , тогда как при использовании и м *MANo 9B4* он зарегистрировал уровень близкий значению 4.5 дБ . Таким образом,

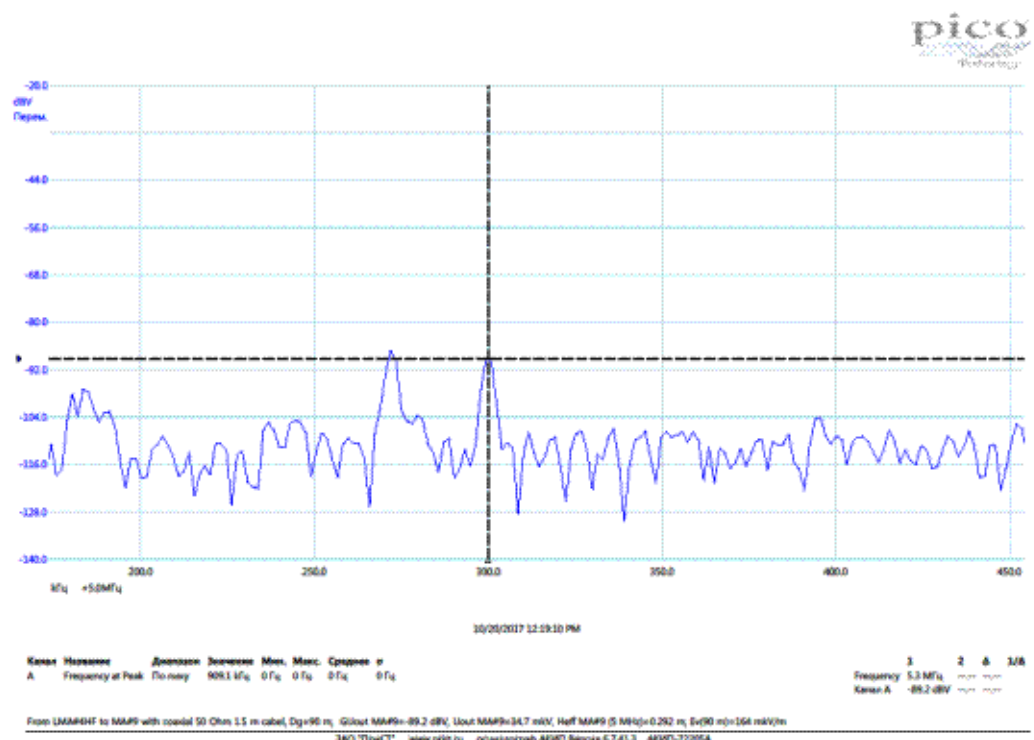
«Действующая высота» 80 см ШТПА выше на 2.7 дБ (в 1.36 раз) «Действующей высоты» МАН № 9ВЧ. Принято считать, что «Действующая высота» 80 см ШТПА равна половине её длины, поэтому можно считать, что $H_{эфф} \text{ МАН № 9ВЧ} = 0.294 \text{ м}$.

4. Измерения уровня принятого сигнала в ряде пунктов от передающей модели ЛМАН № 4ВЧ на *пересечённой местности* проходили 20.10 с.г в полдень в течении не превышающим 45 минут.

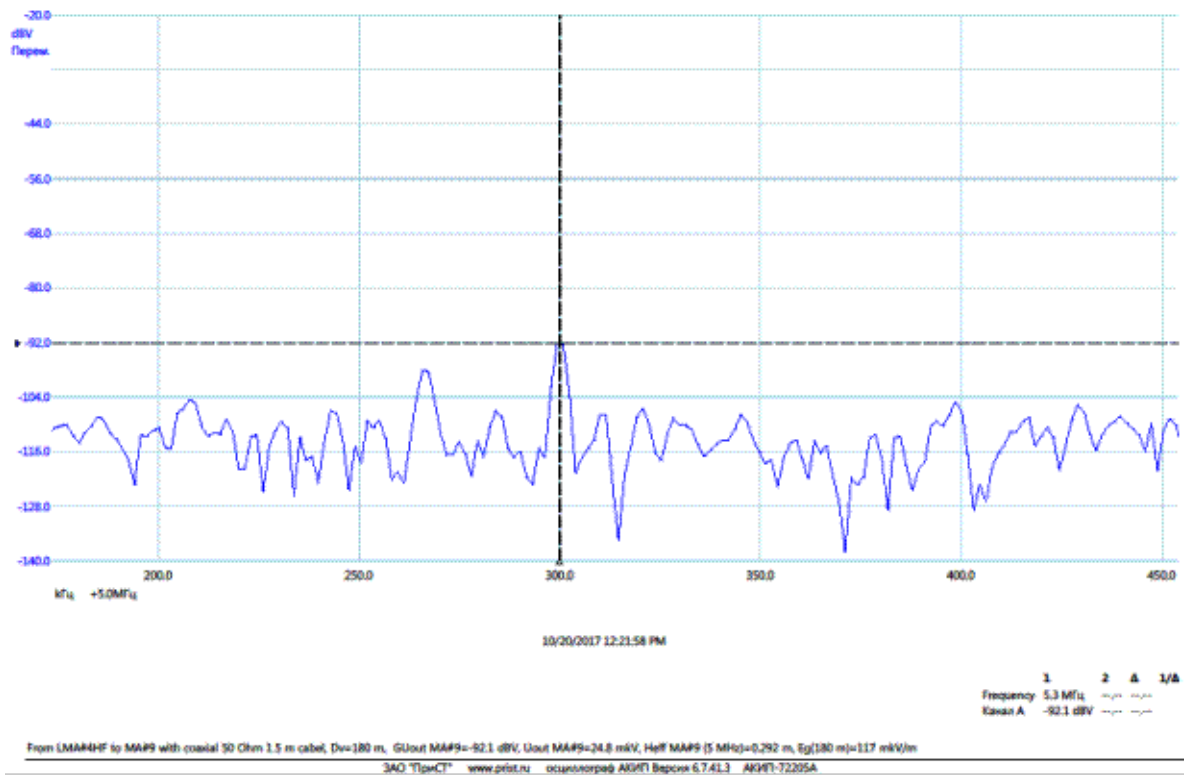
Результаты измерения в указанных на карте Фиг.1 пунктах приведены с помощью Спектрограмм ниже начиная с Фиг. 6 по Фиг.15



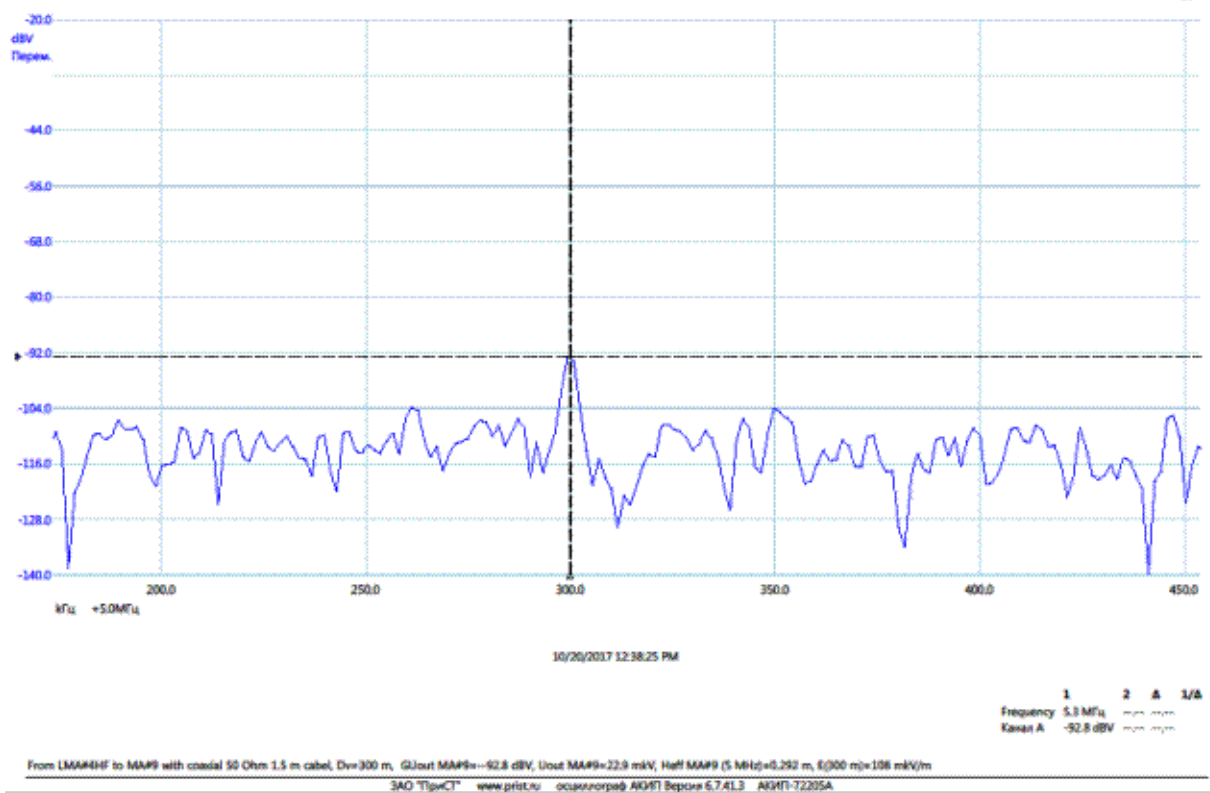
Фиг.7.



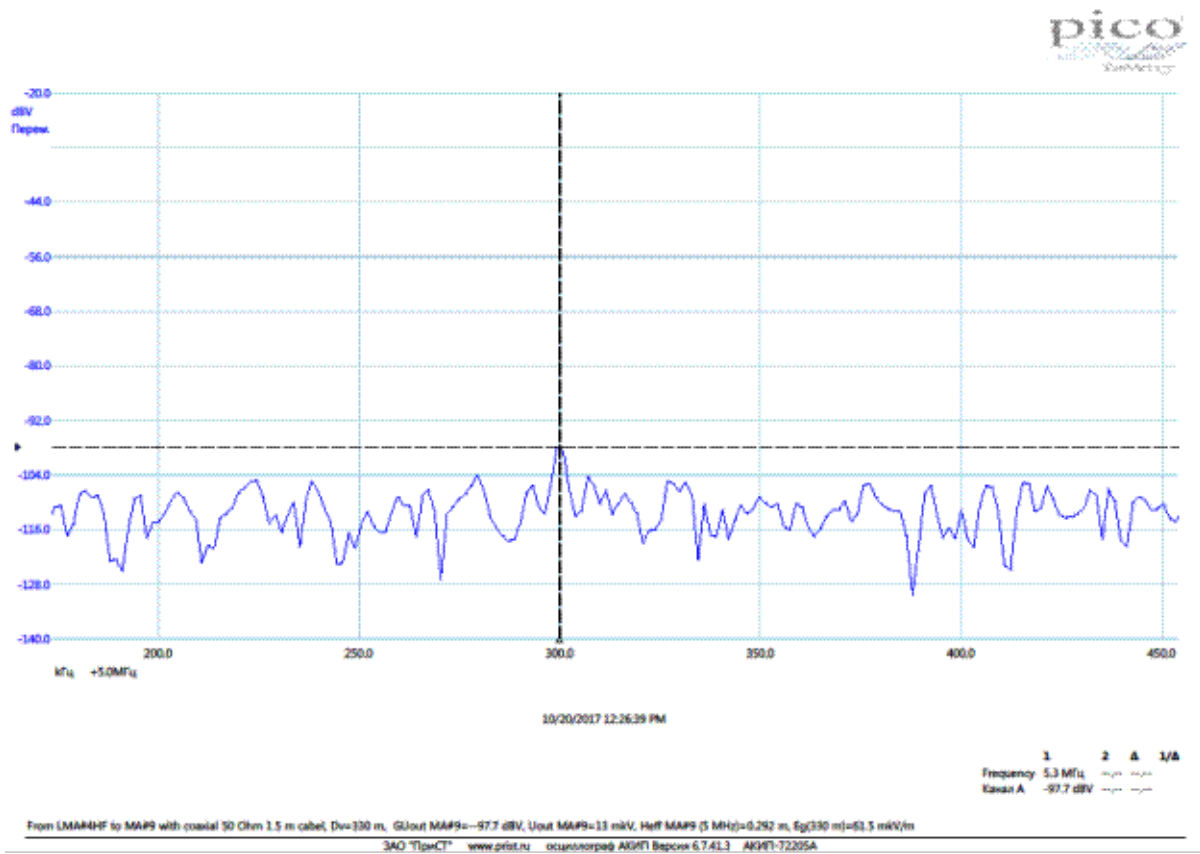
Фиг.8



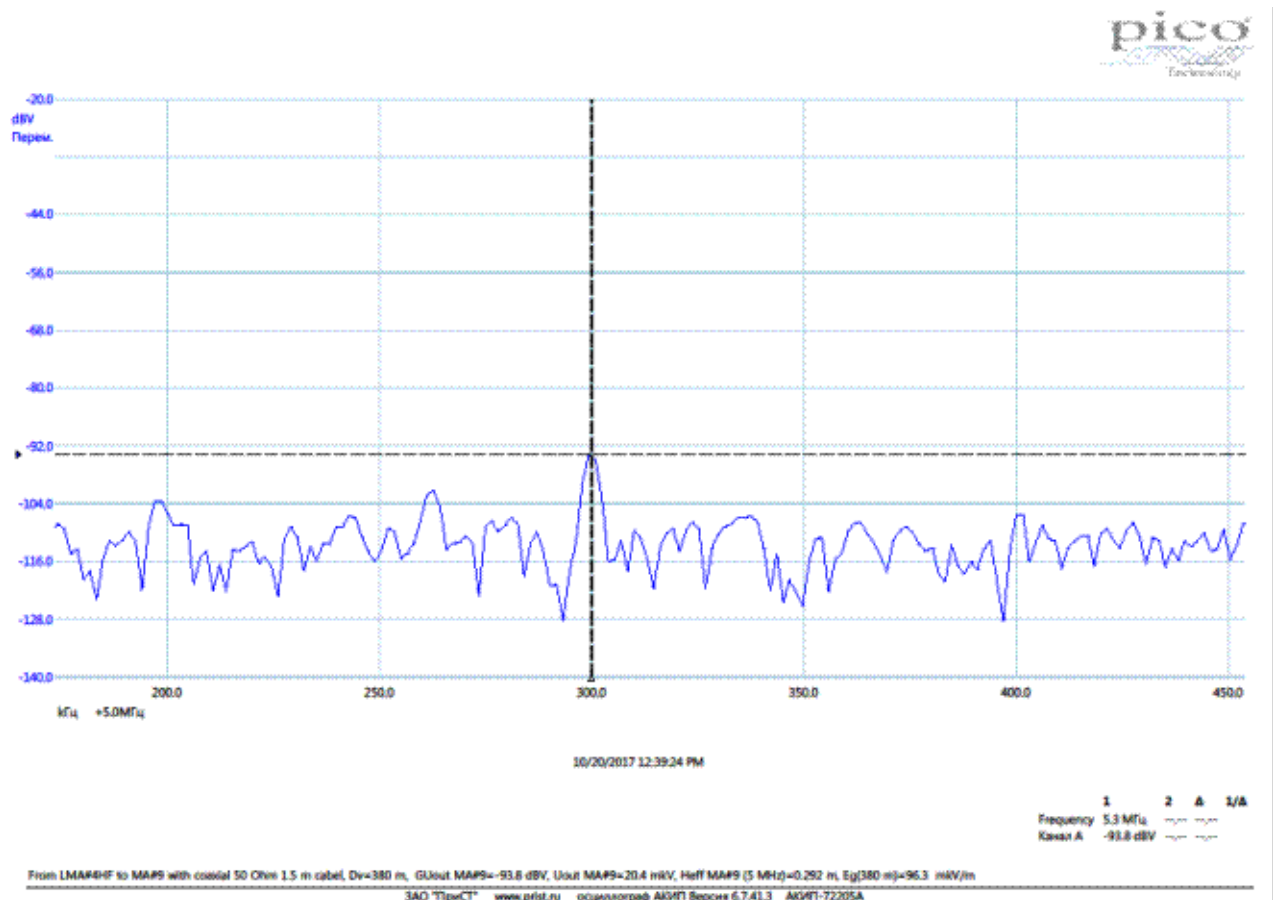
Фиг.9



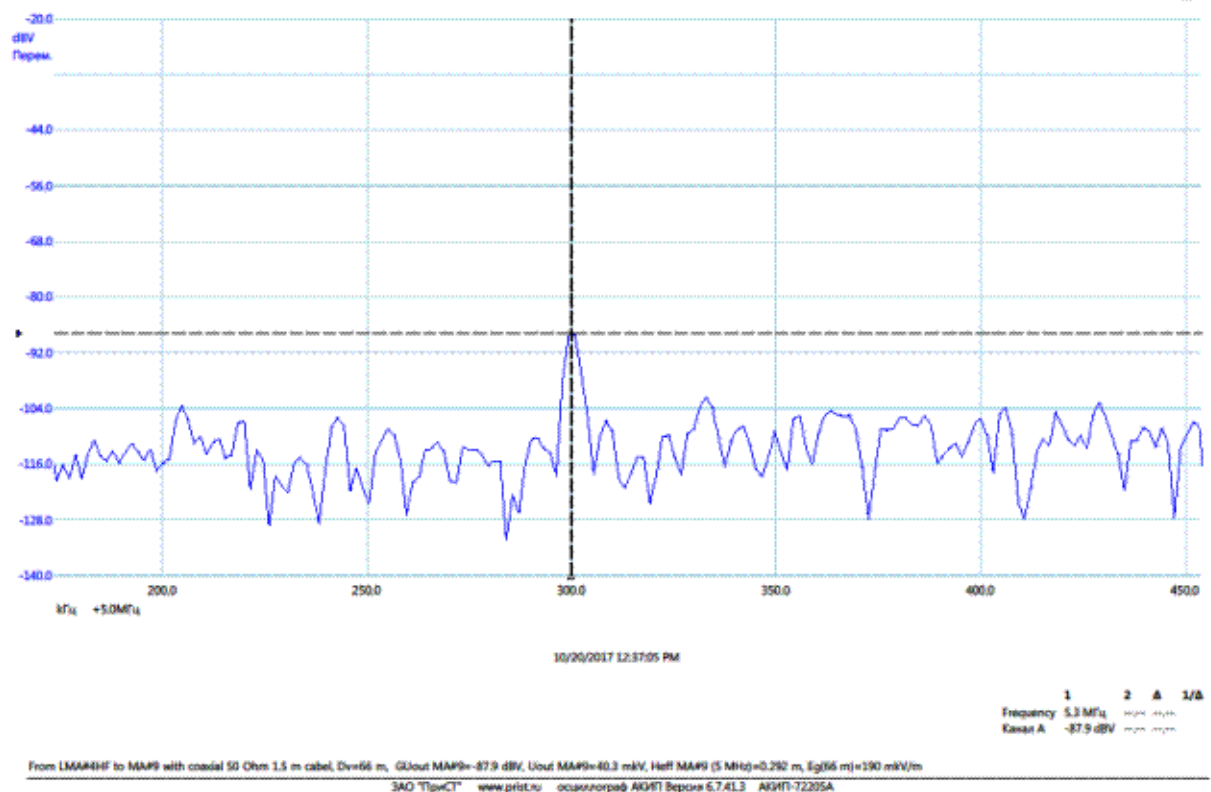
Фиг.10



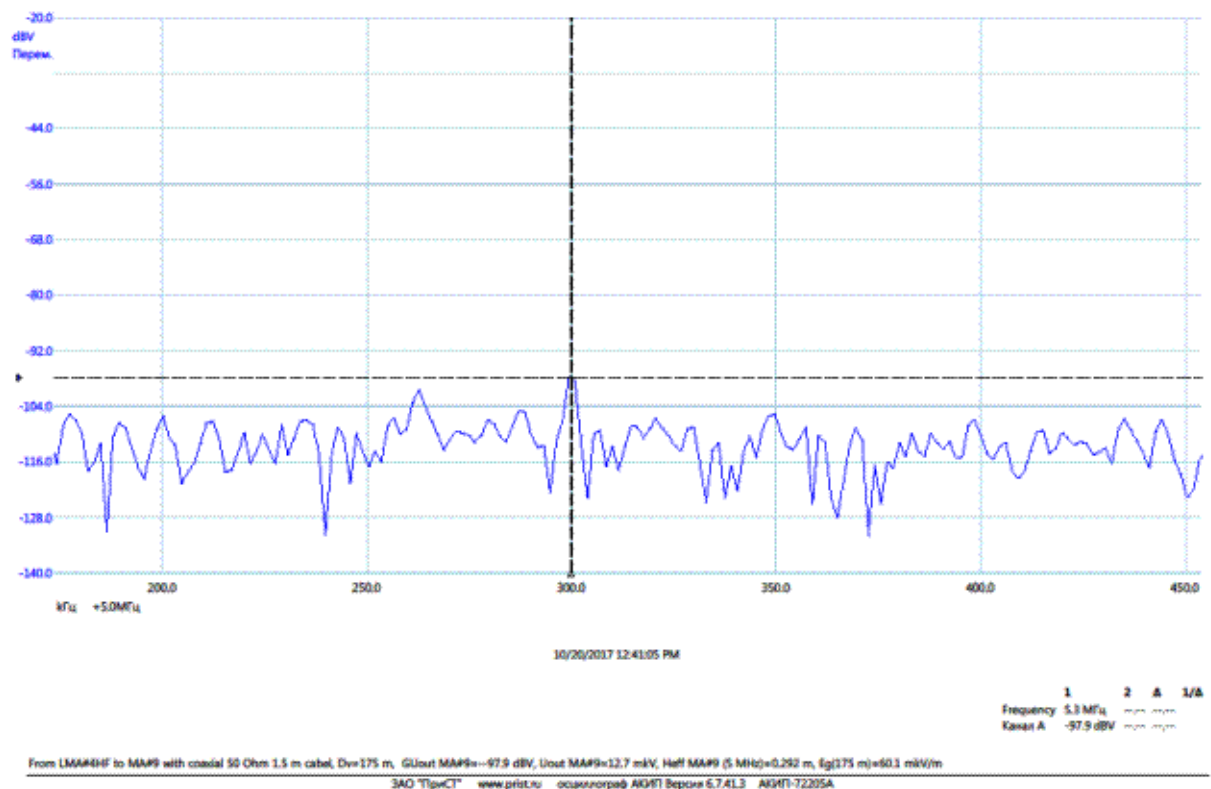
Фиг.11



Фиг.12



Фиг.13

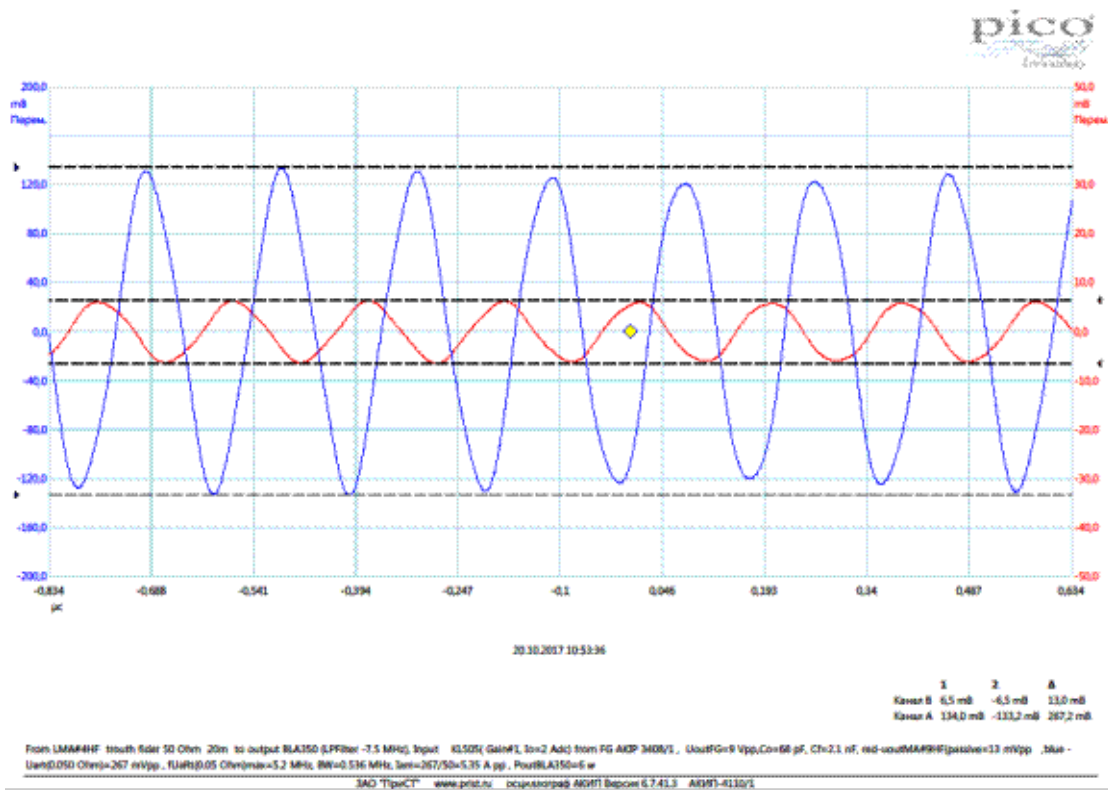


Фиг.14

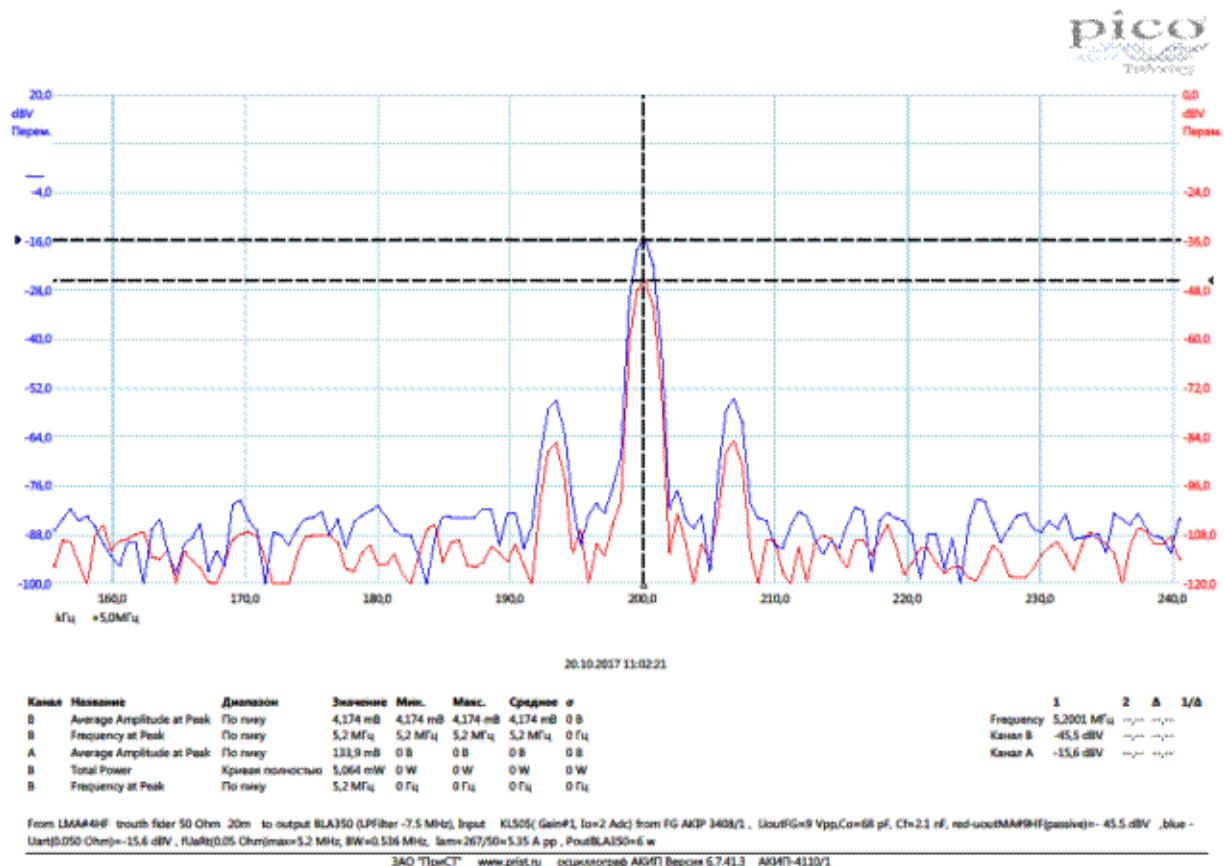
выходная мощность ФГ данного типа не превышает 0.25 Ватт. Поэтому автору, за не имением альтернативы, приходится последовательно соединять имеющиеся у него два упомянутых выше типа **УМ**. В целях безопасности приходится удалять модель **ЛМАН№ 4ВЧ** на расстояние порядка **10 м**. Что привело к применению **20 метрового 50 Ом** фидера, идущего от выхода оконечного **УМ**, в данном случае типа **ВLA3 5 0**. Таким образом пришлось использовать **УМ** типа **KL505** не по назначению, — как предварительный усилитель для **ФГ** типа **АКИП- 3409/2**. В связи с отсутствием в распоряжении автора **Network Analyzer для ВЧ диапазона** усложнилось точное определение основных параметров всего тракта от выхода оконечного **УМ** минуя **20 м 50 Ом** фидер (коаксиального **50 Ом** кабеля повышенной мощности) к модели и модели **ЛМАН№ 4ВЧ**, как транслятора электромагнитной энергии, и следовательно, усложнилась возможность подбора необходимого согласующего трансформатора (**СТ**) для неё, чтоб свести к минимуму отражение от нее в подводящем фидере, и, следовательно возможность осуществления оптимального согласования её входного сопротивления в данном диапазоне частот с волновым сопротивлением фидера, и, как следствие, — с выходным сопротивлением конечного **УМ**. Достаточно сказать, что измеренное значение электрической ёмкости упомянутого «силового **50 Ом 20 м** коаксиального кабеля на частоте **1 КГц** с помощью цифрового **R-C-L** моста составило величину **2.1 нФ**, тогда как значение ёмкости резонансного конденсатора в цепи тока «возбуждения», находящегося внутри корпуса модели **ЛМАН№ 4ВЧ**, составляет величину **69 пФ** для обеспечения использования **5 МГц** диапазона.

УМ типа **ВLA3 5 0** обладает автоматическим обеспечением его рабочих характеристик: имея фиксированный набор **НЧ Фильтров** на выходе, контроль за выходными допустимыми параметрами тракта фидер — антенна, а так же обладает электромагнитным стрелочным прибором для относительного контроля выходной мощности. **К сожаления он имеет лишь четыре деления, однако без указания величины мощности соответствующего положения стрелки на этой шкале.** Для контроля тока поступающего в **ЛМАН№ 4ВЧ** автору пришлось внутрь её герметичного корпуса включить последовательно в токовую цепь контура «возбуждения» калиброванное сопротивление **Rt=0.05 Ом**, подсоединив параллельно к нему контакты упомянутого ранее **ВНС** типа разъема, изображённого рядом с «силовым **ВЧ разъемом**» на **Фото.1**.

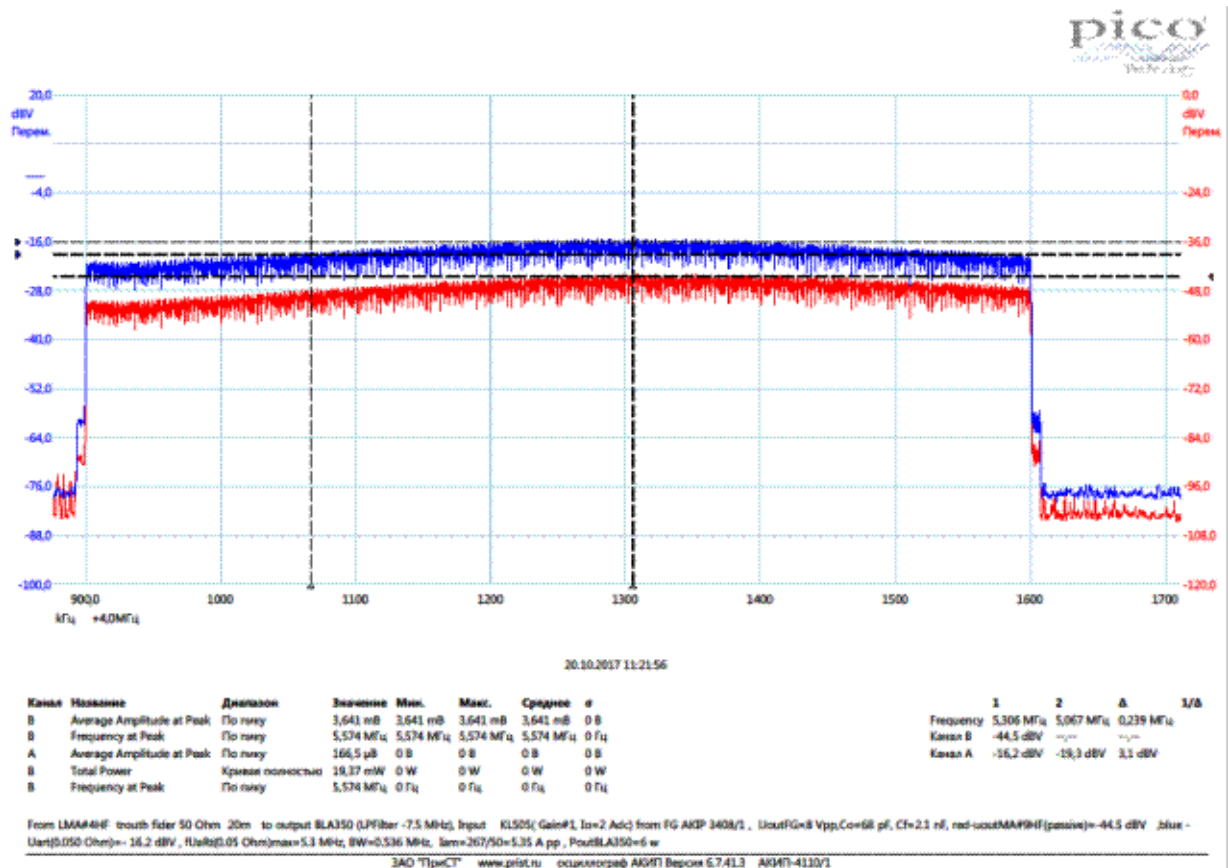
Для представления вида АЧХ и режима работы модели **ЛМАН№ 4ВЧ** при данном испытании предшествовавшему моменту осуществления такового, ниже приводится ряд АЧХ, спектральных и временных осциллограмм для **5 МГц** диапазона модели **ЛМАН№ 4ВЧ**, представленных на **Фиг.16 — Фиг.22**.



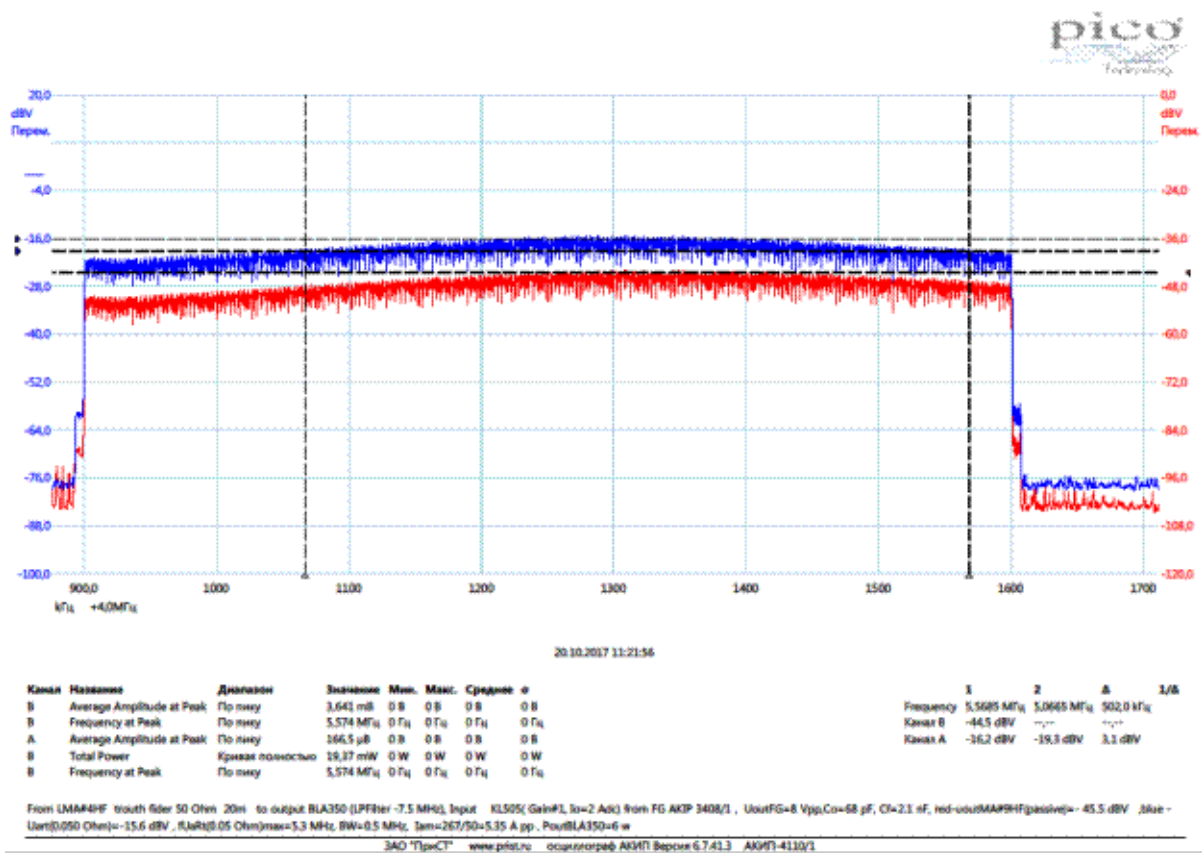
Фиг.16.



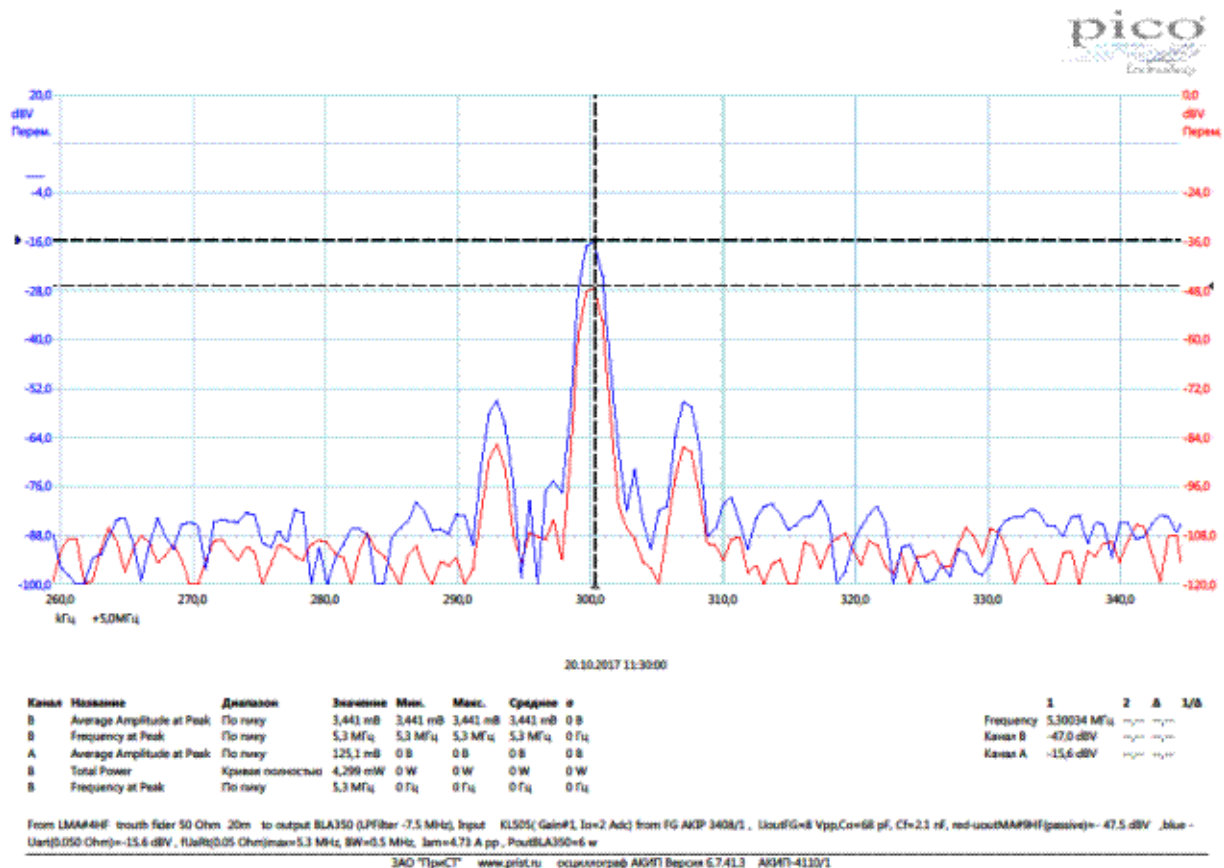
Фиг.17



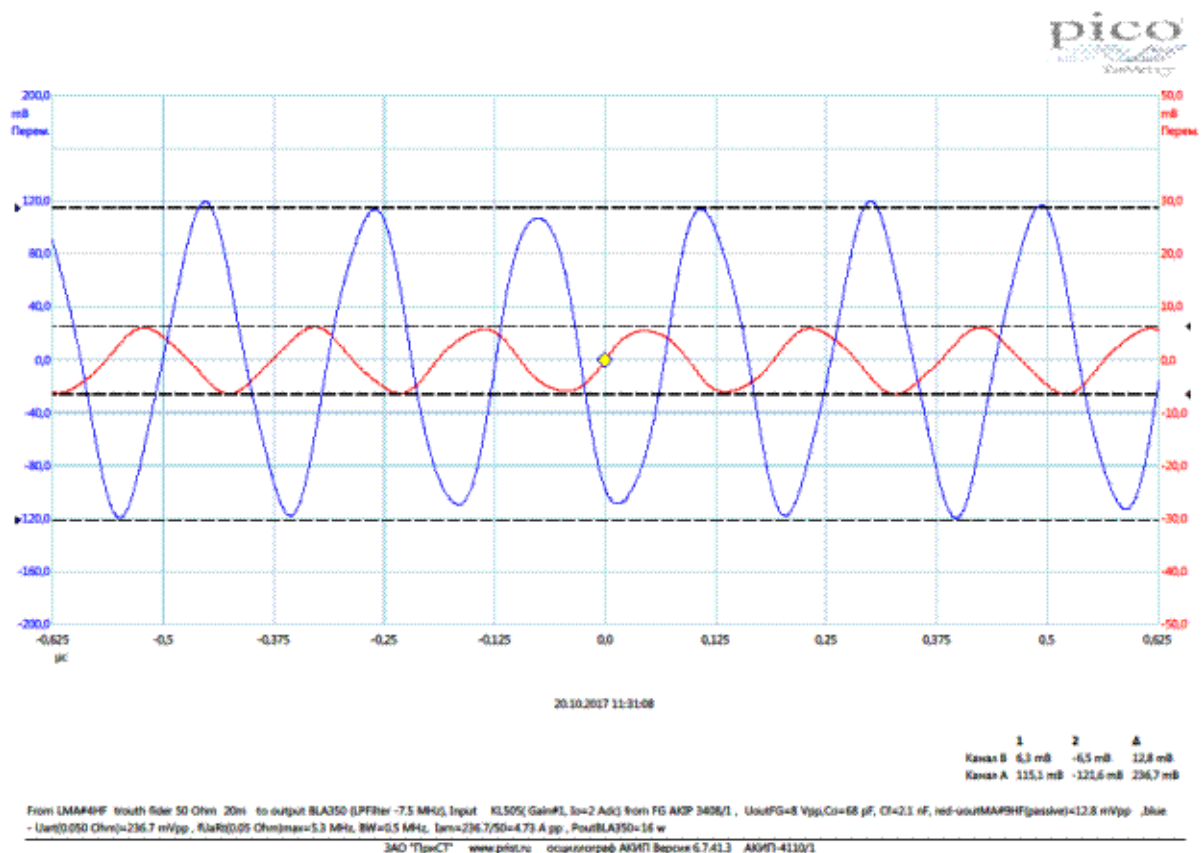
Фиг.18



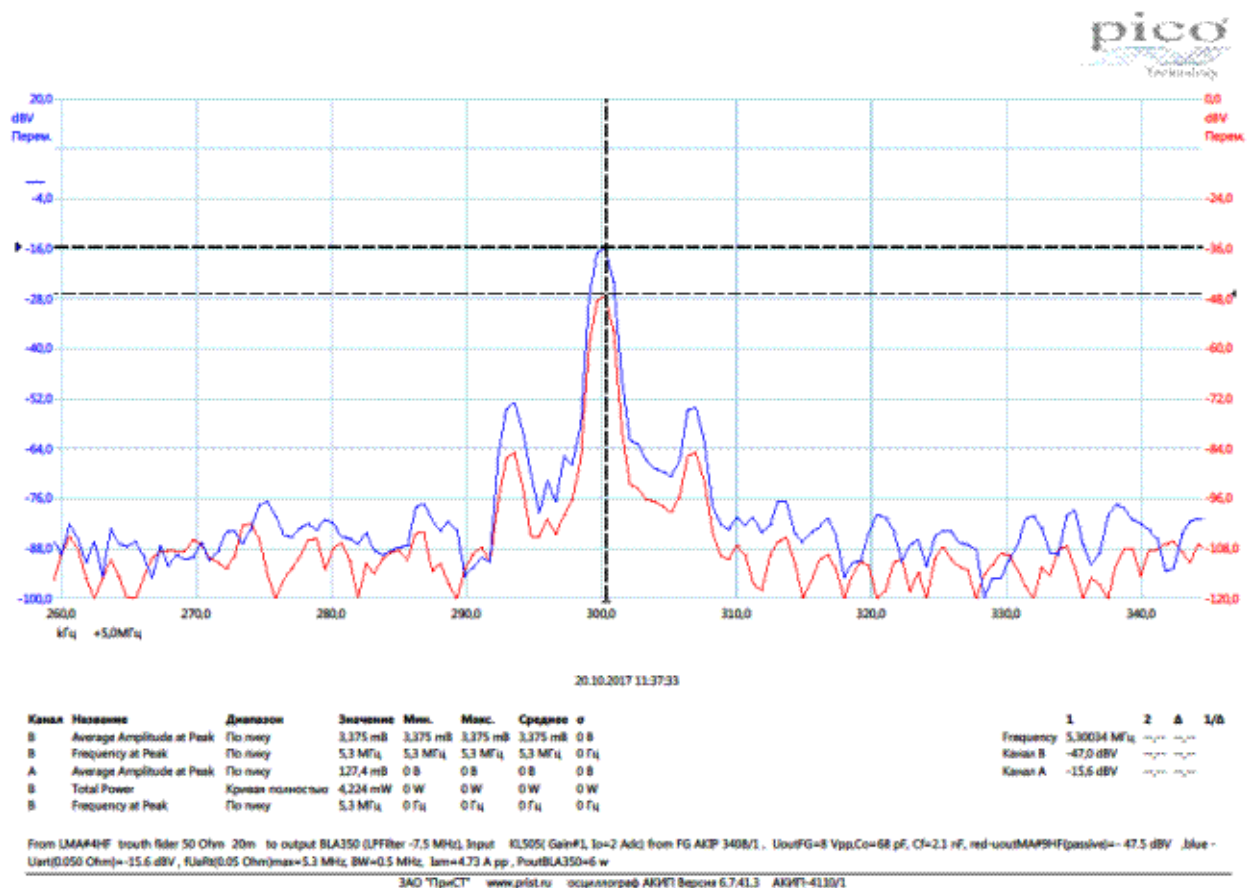
Фиг.19



Фиг.20



Фиг.21



Фиг.22

Итак, данная группа изображений описывает «характер поведения» напряжения $U_{rt}(0.05 \text{ Ом})$, полученного на выходе $20 \text{ м } 50 \text{ Ом}$ коаксиального кабеля с BNC типа ВЧ упомянутого разъёма, находящегося на внешней герметичной оболочке модели $ЛМАН\# 4ВЧ$ и изображённого на Фиг.1. И выходного напряжения $U_{outMDF930x}$, снятого с конца $3 \text{ м } 50 \text{ Ом}$ коаксиального кабеля, подсоединённого к выходному BNC типа ВЧ разъёму «пассивной» приёмной ферритовой антенны $МАН\# 9ВЧ$. Место нахождения которой в лабораторном помещении и её расположение можно видеть на Фото.4.

Изображение формы этих двух напряжений ($U_{rt}(0.05 \text{ Ом})$ -синего цвета график 1 канала измерителя АКИП-4110/2, а $U_{outMDF930x}$ — красного цвета 2 его канала) представлены на Фиг.16. В тексте в нижней его части автором приведена количественная оценка уровня этих напряжений и необходимая информация об заданных параметрах режима работы ФГ и УМ PL505 и BLA350. В том числе вычисленное значение амплитуда тока «возбуждения», протекаемого по обмотке соленоида, создающего продольно магнитный поток в теле модели $ЛМАН\# 4ВЧ$, а именно $I_{am}=2.68 \text{ А}$ при частоте несущей $f = 5.3 \text{ МГц}$, установленной на ФГ при о амплитуде напряжения в 4.5 В на его выходе. По форме тока I_a можно с уверенностью сказать, что без всякого согласующего трансформатора ВЧ тракт антенного тока находится в приемлемом для BLA350 согласовании с его ВЧ выходом как по сопротивлению, так и по величине возможного возврата к нему подаваемой в силовой фидер к ЛМАН\# 4ВЧ ВЧ энергии. При этом стрелка его электродинамического прибора отклоняется на 30% отрезка от нулевого до первого деления его шкалы указателя выходной мощности. Если вся его шкала соответствует значению его **максимально возможной выходной мощности, равной 350 Ватт**, то можно считать, что его выходной мощностью в данном случае является величина, равная **26.25 Ватт**. Но если считать, что в режиме CW его **номинальной выходной мощностью длительного цикла непрерывной его работы является величина, равная 100 Ватт**, то в данном случае выходная его мощность составляет величину, равную только **7.5 Ватт**. Характер спектральной плотности упомянутых напряжений отражён на Фиг.17. О виде АЧХ и ширине полосы функционирования модели $ЛМАН\# 4ВЧ$

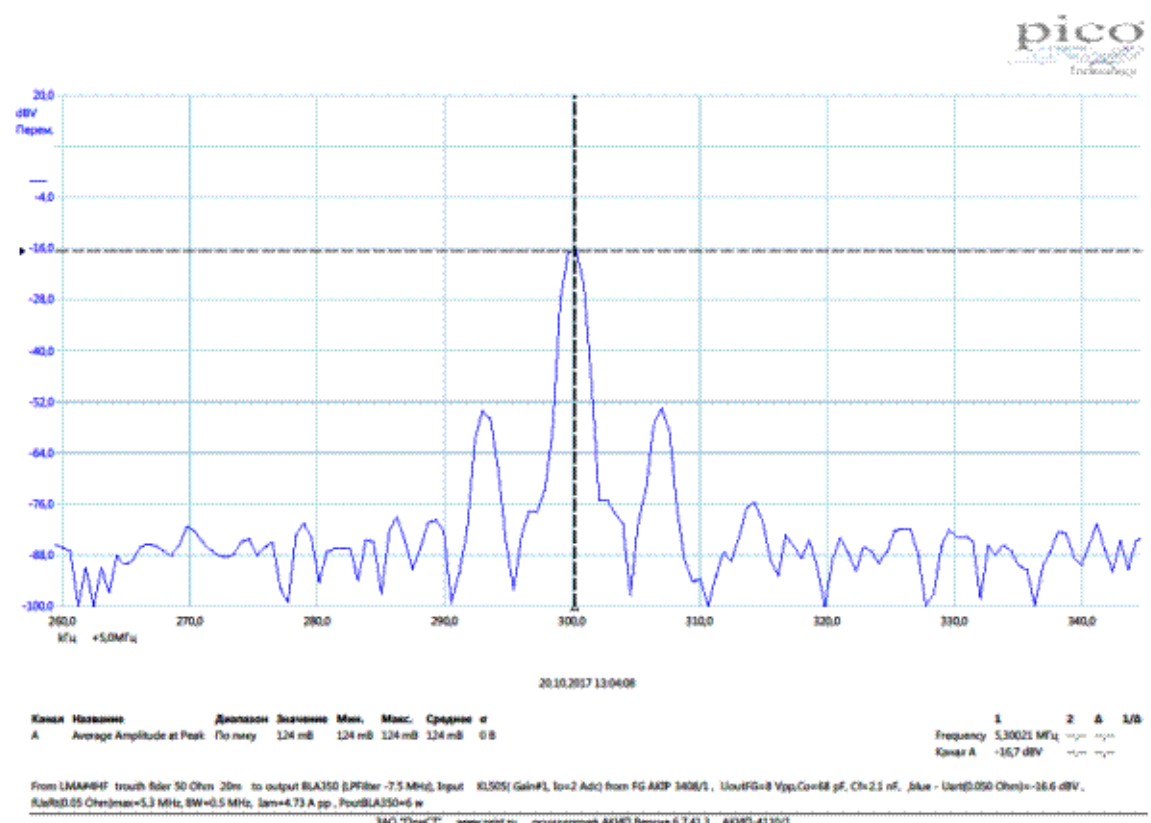
можно судить по графикам АЧХ упомянутых напряжений на **Фиг.18** и **Фиг.19**. Видим, что максимум напряжения $U_{rt}(0.05 \text{ Ом})$ достигается в **5 МГц** диапазоне при частоте несущей $f = 5.3 \text{ МГц}$ и на уровне **0.7** или — **3 дБ** его ширина $BW=0.53 \text{ МГц}$. Изображение **Фиг.20**, **Фиг. 21** и **Фиг.22** дают возможность понять выбранный автором для данного эксперимента режим работы, а именно, **а)** значение выходного напряжения и частоты несущей, установленные на **Ф Г**, **б) установку переключателя коэффициента усиления УМ** типа **PL505** в положении **№ 1**, находящегося на его передней панели (см. **Фото.5**) и указана величина постоянного тока потребляемая им от источника постоянного напряжения, внешний вид которого можно видеть на **Фото.5** внизу справа от него, **в)** указано положение переключателя **НЧ фильтра** на выходе на передней панели **УМ** типа **BLA350** (см. **Фото.5**) при подаче **ВЧ энергии** в фидер в направлении модели **BLA350**, а именно **7.5 МГц**.

6. Как было отмечено ранее почти час во время этого эксперимента вся контрольно- силовая аппаратура в лабораторном помещении непрерывно функционировала на указанной частоте несущей, хотя в документации к **УМ PL505** и **BLA350** указан ограниченный интервал времени их применения в режиме **СW**) без принятой в радиолюбительской практике вида модуляции несущей). Ниже приведённые изображения на **Фиг.23**, **Фиг.24** и **Фиг.25** дают представление о режиме работы в момент проведения измерений уровня сигнала на пересечённой местности, излучаемого непрерывно на частоте несущей $f = 5.3 \text{ МГц}$ моделью **ЛМАН № 4ВЧ** практически за пределами «Ближней зоны», доказывая, что **ЛМА [2] могут так же быть использованы в МГц диапазоне как передающие антенны.**

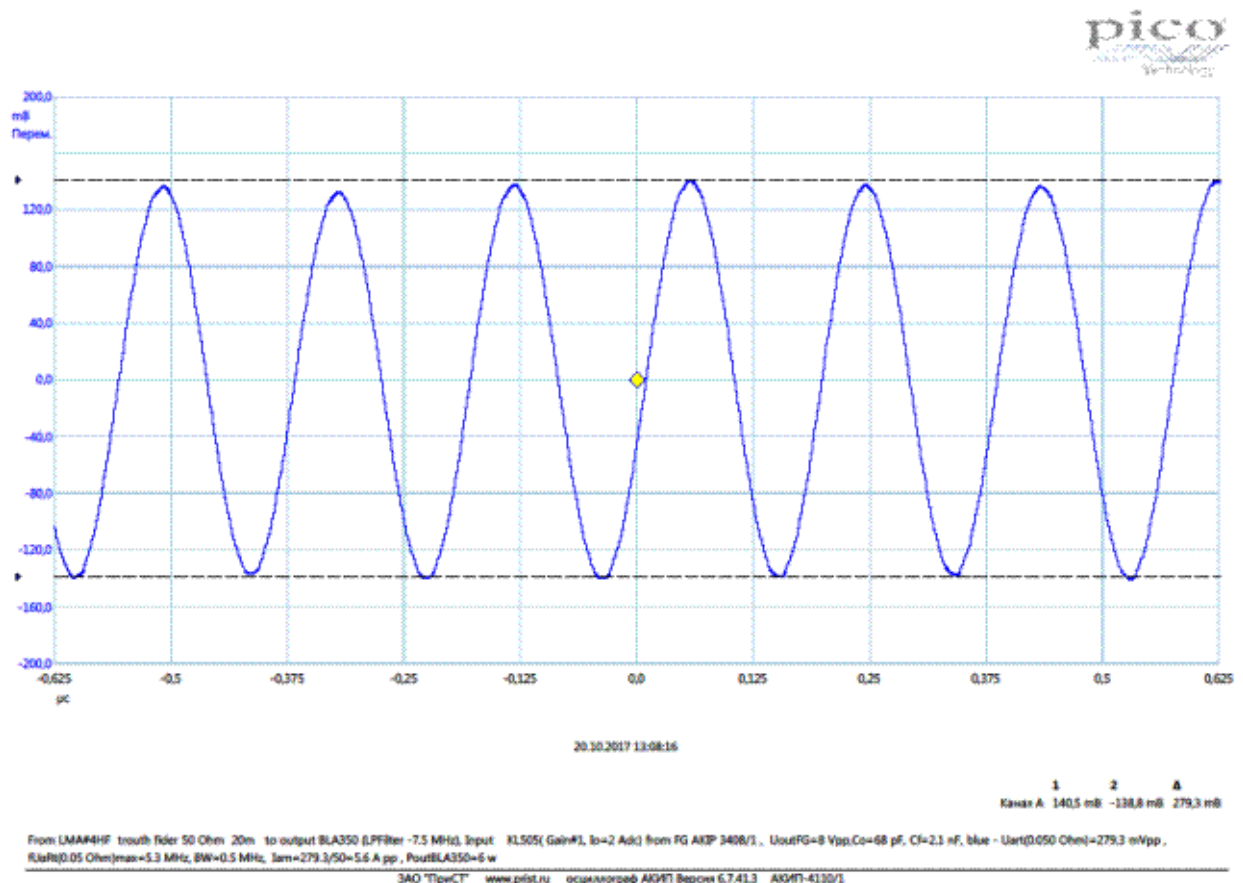
Модель **ЛМАН № 4ВЧ** была создана в соответствии с существующем **Патентом РФ [2]**.

В основном, размещённое тело модели **ЛМАН № 4ВЧ** в герметичном корпусе собственноручно изготовлено **П.С. Ляско**.

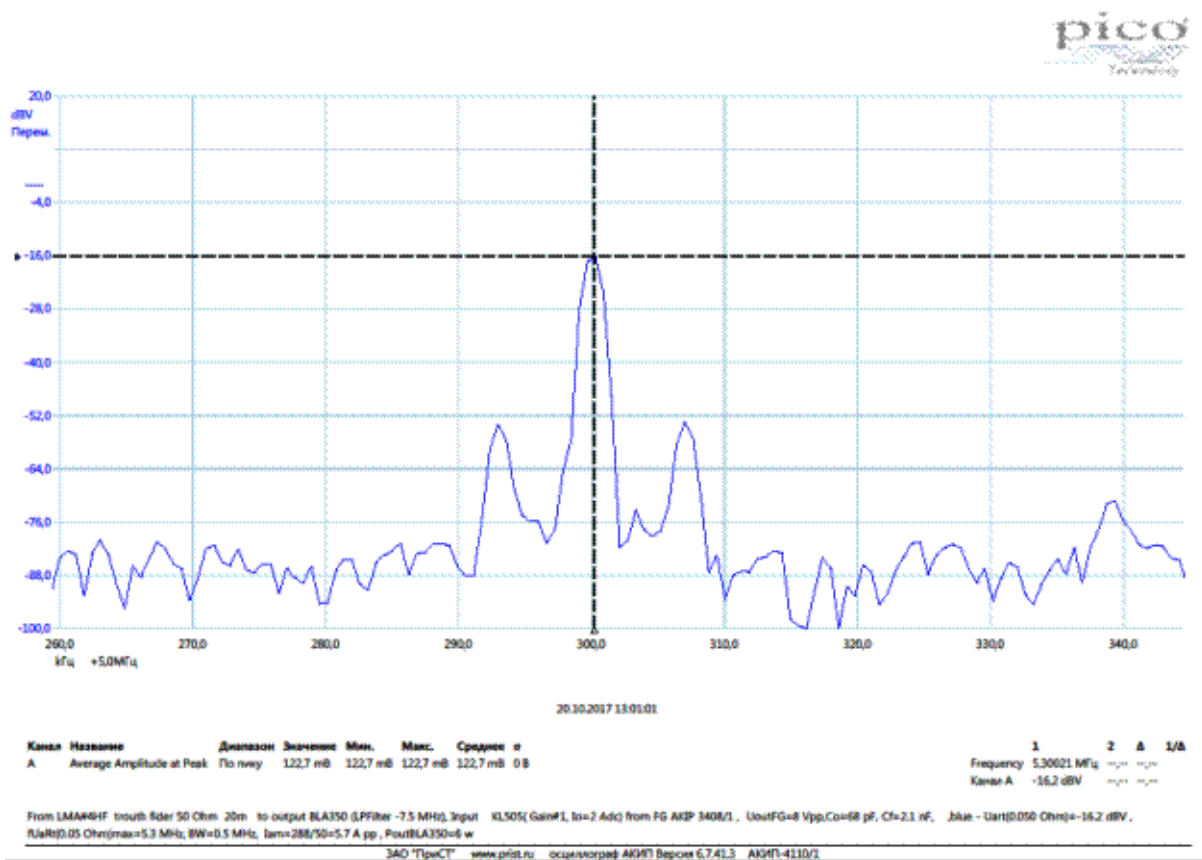
Материалы измерений, произведённых вне помещения лаборатории, автору любезно были представлены **в лице П.С. Ляско компанией «О.О.О. Л.Р.Э.Т.»**



Фиг.23.



Фиг. 24



Фиг.25.

Список литературы:

1. П.С. Ляско. Сайт Компании «О.О.О. Л.Р.Э.Т.», www.lret.ru, 2017.

2. Патент РФ № 2428774 на Изобретение «Передающие Линейные Магнитные Антенны (ЛМА)». 10 Сентября 2010 г., ФИПС, Москва.