

О сдвоенной модели передающей линейной магнитной антенне электромагнитных волн для морских испытаний на частоте менее 1 кГц

Ляско Арий Борисович
Радиоинженер,
канд.физ.-мат.наук, Ph.D.

1. На **Фото.1** и **Фото.2** представлен вид удвоенной модели Передающей Линейной Магнитной Антенны (**ПЛМА**) в момент её стендовых испытаний. Она состоит из модели ЛМАН[№] 37 (снизу) и модели ЛМАН[№] 37 (сверху) в герметичных оболочках, размещённых параллельно друг над другом на расстоянии между их продольными осями .



Фото.1.



Фото.2.

В серых цилиндрической форме оболочках на **Фото.2** в нижнем ряду можно видеть четыре высоковольтных (с амплитудным значением не менее приложенного к ним напряжением частоты несущей), рассчитанных на амплитудное значение тока не менее , протекаемого в обмотках соленоидов этих моделей на частот несущей , создающего продольное **магнитное поле** «возбуждения». А в квадратном серого цвета герметичном корпусе можно видеть Измерительную коробку (**ИК**) для мониторинга амплитудного значения тока и амплитудного значения напряжения Utroot на выходе вторичной обмотки согласующего трансформатора (**СТ**), поданного на вход резонансной антенной цепи (обладающей собственной резонансной частотой и полосой пропускания **BW**), образованной последовательным соединением индуктивностей соленоидов, создающих продольный поток магнитного поля «возбуждения», и результирующей емкостью C_a выше упомянутых конденсаторов.

2.1 Некоторые основные характеристики моделей ЛМАН[№] 37 и ЛМАН[№] 37м.

Измеренные с помощью на частоте , представленного на Фото.3 в момент измерения параметров в отсутствии магнитопровода соленоида «возбуждения» продольного магнитного потока для одной из моделей ЛМА.

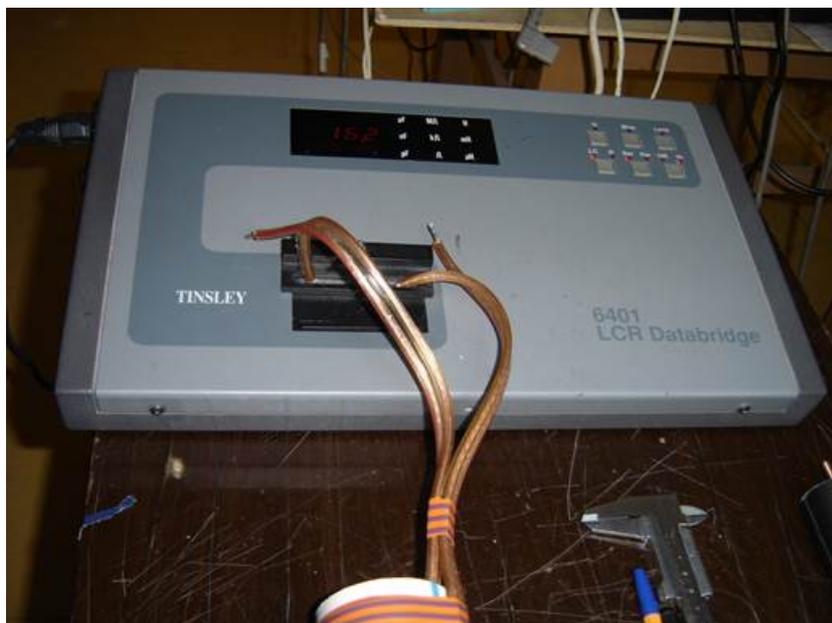


Фото.3.

а) Собственная индуктивность , сопротивление потерь r_s и добротность соленоида Q продольного магнитного поля «возбуждения» без магнитопровода имеют следующие значения соответственно: для модели — , и для

б) Собственная индуктивность L_a , сопротивление потерь r_s и добротность Q соленоида продольного магнитного поля «возбуждения» в присутствии магнитопровода, соответственно:

для модели , и для

в) Суммарное сечение многожильного провода обмотки соленоидов потока продольного магнитного поля «возбуждения» равно 10 кв.мм.

г) конструктивно модели сконструированы и изготовлены собственноручно **П.С. Ляско [2]**, как и сам стенд, на котором они размещены, в соответствии

2.2. Первичная обмотка согласующего трансформатора (**СТ**), расположенного в герметичном корпусе, изображённого в нижней части стенда на **Фото.1 и 2**, соединена с выходом специального промышленного типа усилителем мощности (**УМ**) типа RMX 240s, представленного в нижней части на **Фото.4**, с помощью гибкого двух проводного кабеля с сечением в составе фидера, ведущего в помещение измерительной аппаратуры, установленной на расстоянии .

Основные параметры обмоток **СТ**, измеренные с помощью упомянутого цифрового измерительного моста на частоте :

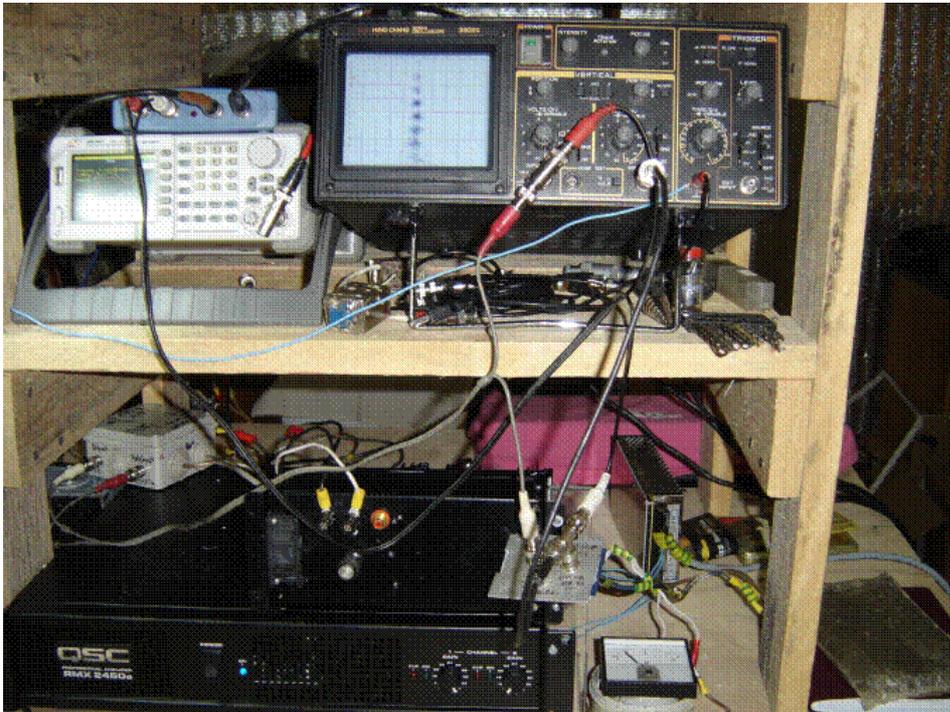


Фото.4.

а) первичная обмотка состоит из витков, её собственная индуктивность сопротивление потерь r_s добротность соленоида соответственно , сечение специального многожильного провода равно ,

б) вторичная обмотка состоит из витков, её собственная индуктивность , сопротивление потерь r_s и добротность соленоида соответственно , суммарное сечение специального многожильного провода равно .

2.3. Величина эквивалентной резонансной емкости в резонансной антенной цепи тока «возбуждения» изображённых на **Фото 1,2** блоков конденсаторов, измеренная на частоте с помощью (см.**Фото.3**) равна .

3. В процессе стендовых испытаний удвоенной модели ПЛМА, изображённой на **Фото.1 и 2** был выбран балансный режим работы **УМ** (когда выходы его двух каналов усиления соединены по «мостовой» схеме) при этом: а) на его вход подаётся моно гармоничный сигнала , б) когда с помощью, имеющегося на его передней панели, много позиционного переключателя устанавливались следующие величины коэффициента усиления () : **28 дБ**, в) использовался лишь режим трансляция на частоте несущей , поданного на вход **УМ** напряжения электрического сигнала от цифрового Функционального генератора (**ФГ**) типа **АКИП 3808/1**, изображённый на второй полке слева **Фото.4** со стабильностью частоты .

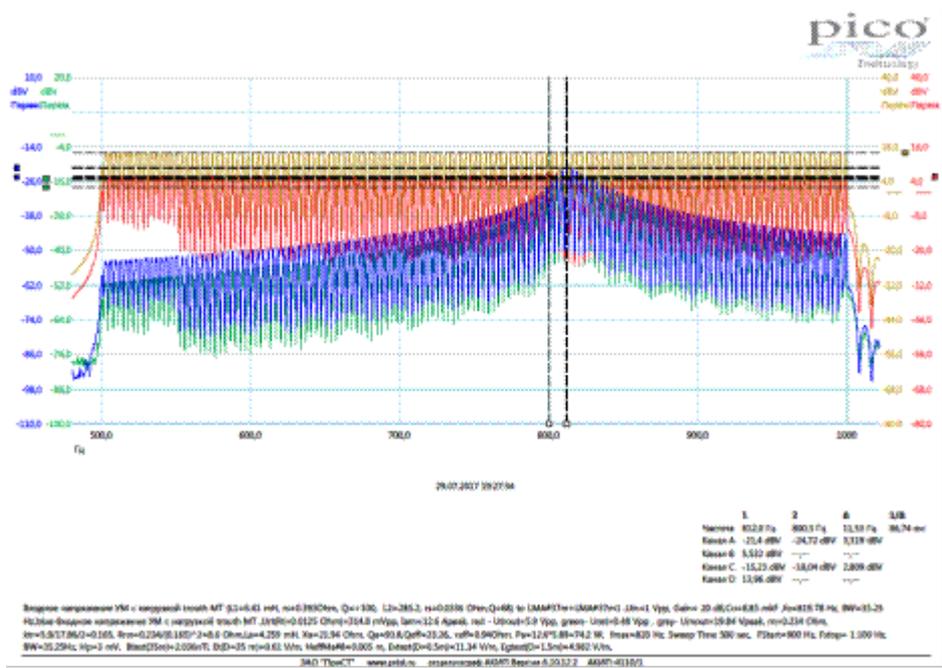
3.1 Контроль режима работы моделей ЛМАН[№] 37 и ЛМАН[№] 37м и соответственно **УМ**

осуществлялся с помощью четырёхканального при 12 бит цифрового виртуального осциллоскопа и анализатора спектра типа **АКИП- 4110/1**, представленного сверху **ФГ** на **Фото.4**

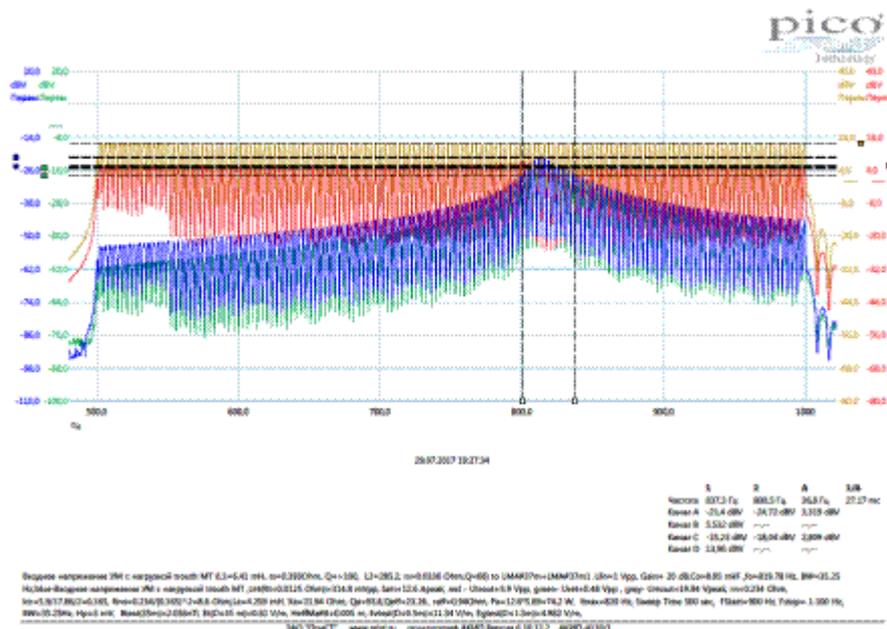
3.2 Ниже представлены Амплитудно- Частотные (**АЧХ**), спектральные (**СХ**) и временные (**ВХ**) зарегистрированные характеристики в контрольных точках при заданном режиме работы **УМ** и модели ПЛМА с помощью **АКИП- 4110/1**. **АЧХ** позволили подобрать нужные параметры и оценить:

- а) возможное значение ω в момент резонанса с антенной цепью тока «возбуждения», б) при выбранном значении **КУ** с помощью **СХ** и **ВХ** определить все основные характеристики: величину результирующей индуктивности антенного контура тока «возбуждения», собственную величину эквивалентного сопротивления потерь в нём и его добротность, его волновое сопротивление в момент резонанса, когда $f = f_0$, общую эквивалентную величину сопротивления потерь, добротность всего контура антенного тока «возбуждения» (включая потери в выходных цепях **УМ**, в кабеле питания, ведущим к **СТ** и в нём самом), амплитудное значение антенного тока «возбуждения», величину напряжения на вторичной и напряжение на выходе **УМ**, фактическую величину коэффициента трансформации k_{tr} **СТ**, эквивалентное активное сопротивление r в момент резонанса на выходе **УМ**, значение величины мощности поданной на вход этой удвоенной модели ПЛМА, пр.

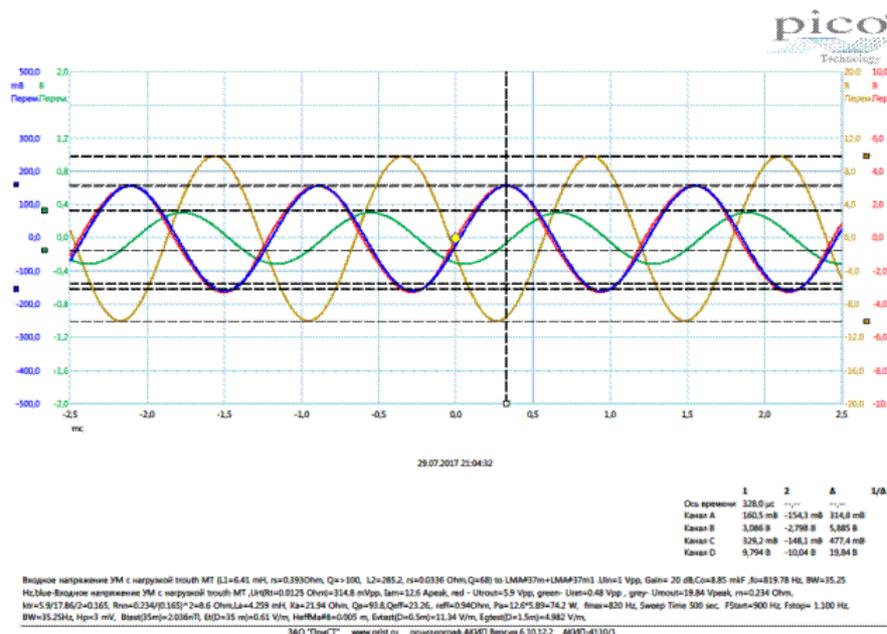
Эти данные параметры приведены автором в виде текста в нижней части каждого изображения графических характеристик, выданных



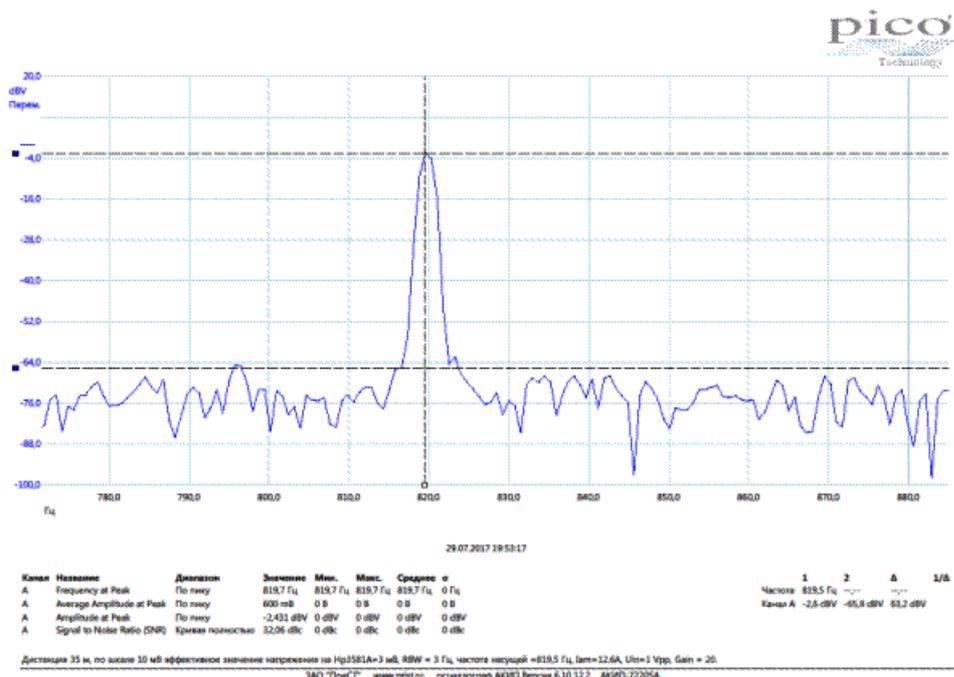
Изо.1



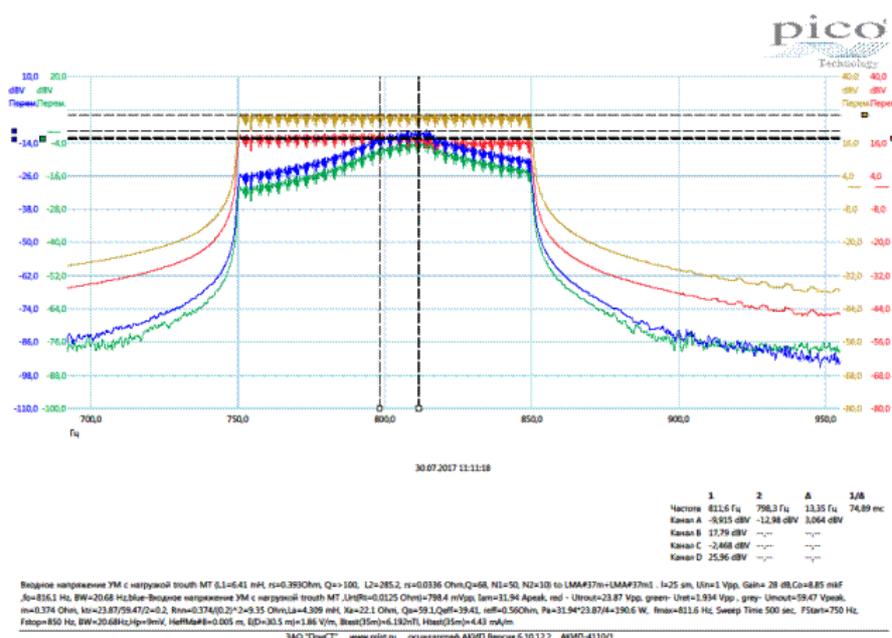
Изо.2



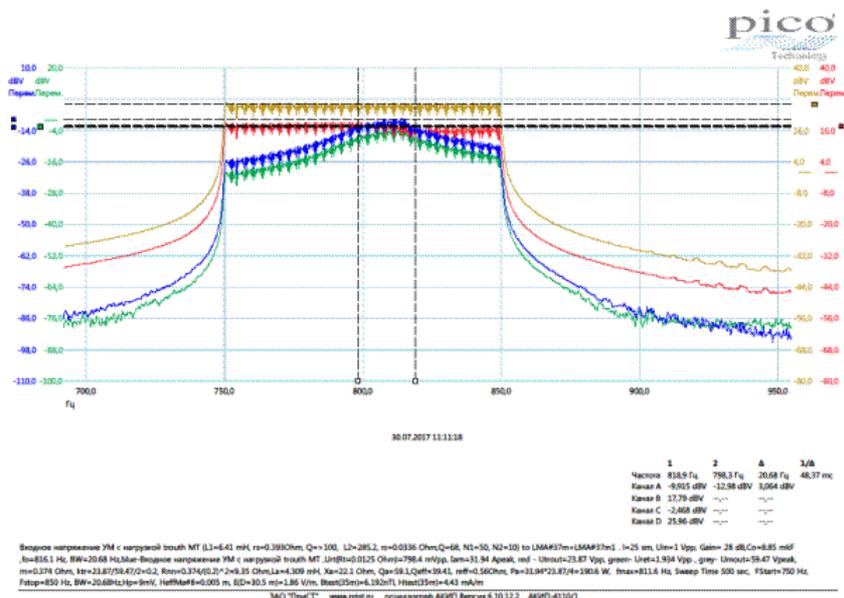
Изо.3



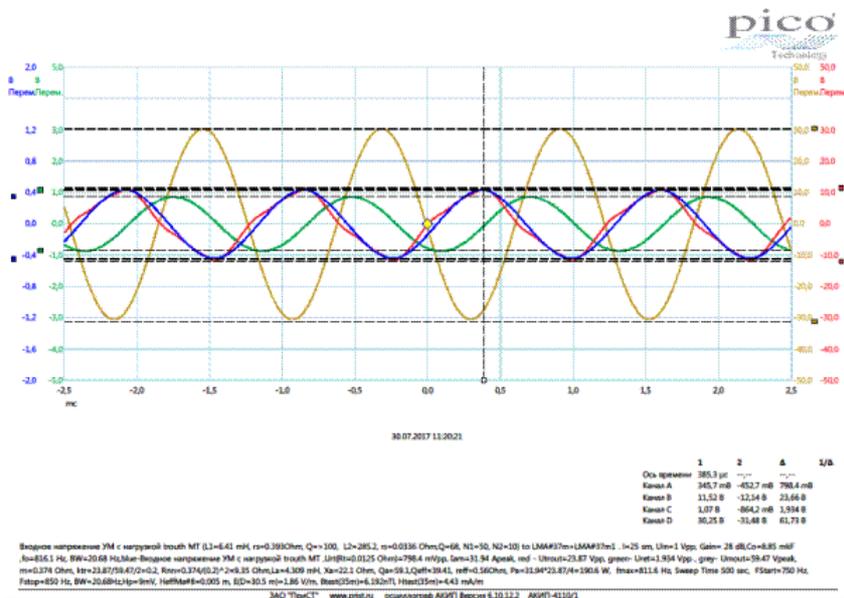
Изо.4 Сигнал на реставрационном выходе 3581А "Wave Analyzer «при измеренном им эффективном значении выходного напряжения MAN[®] 8 равном 3 мВ.



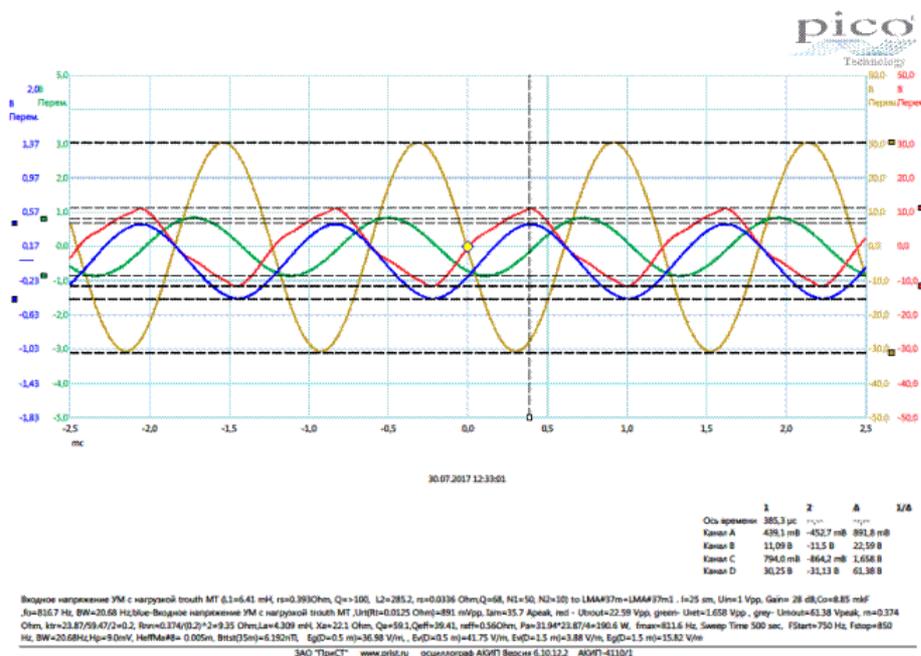
Изо.5



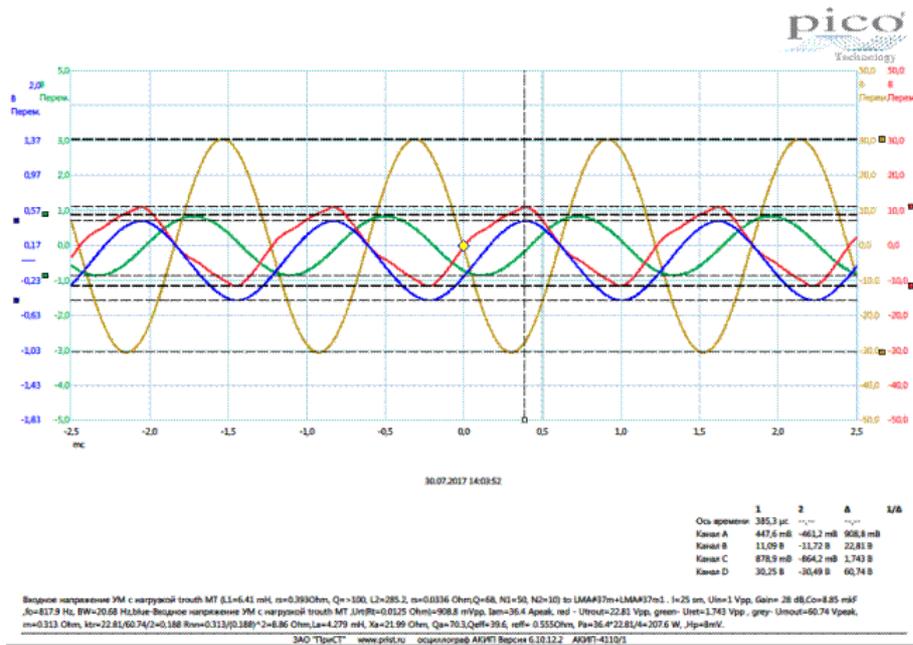
Изо.6



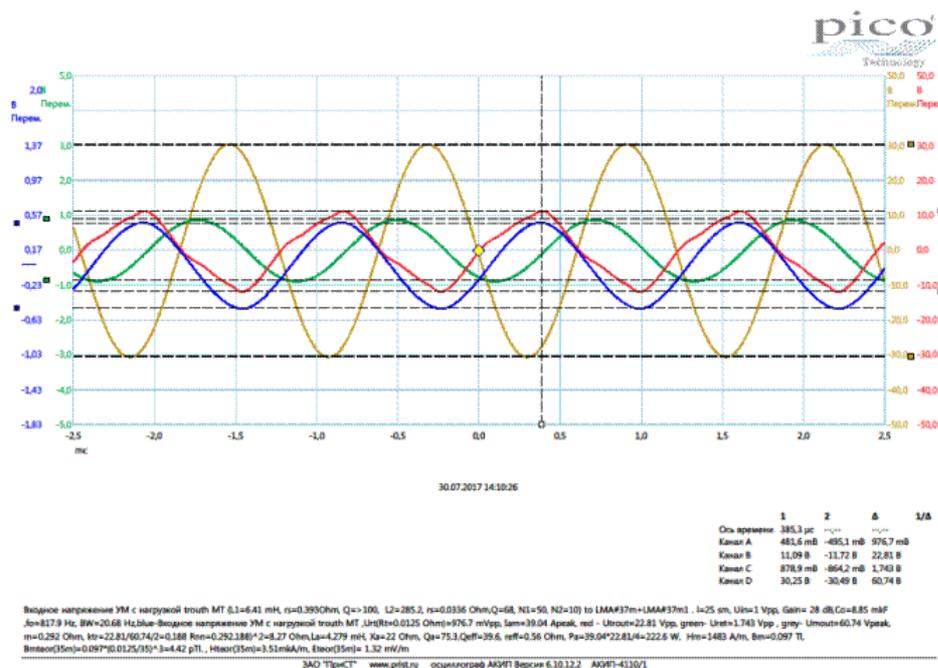
Изо.7



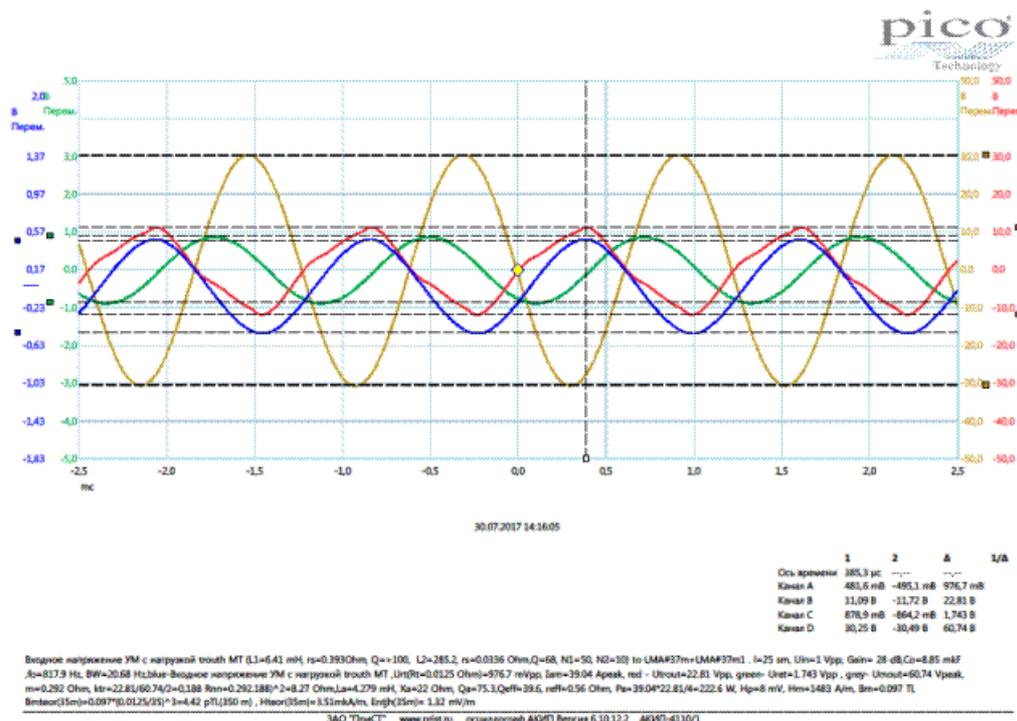
Изо.8



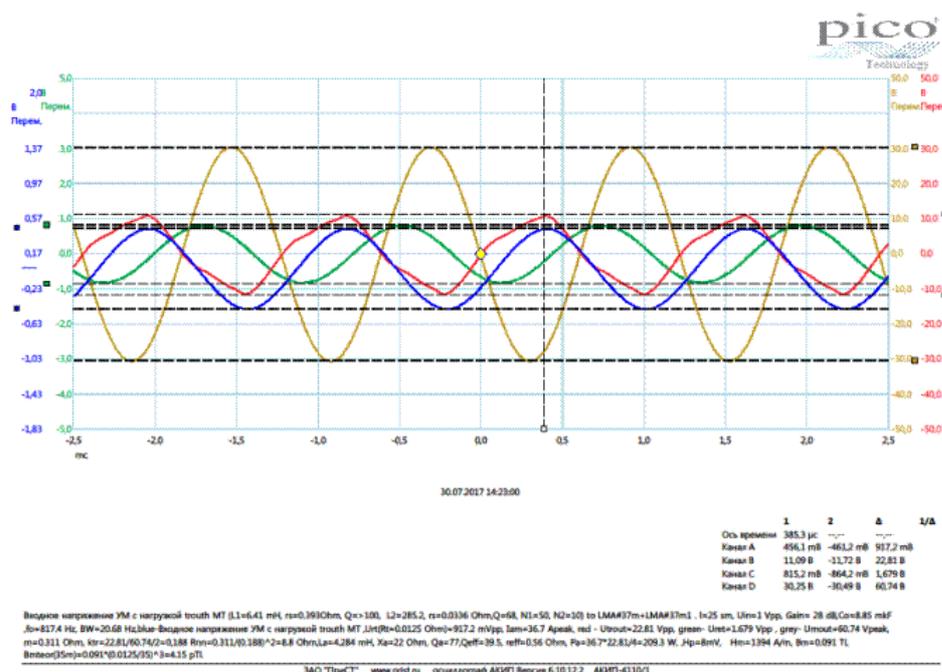
Изо.9



Изо.10



Изо.11



Изо.12

3.2.1. Данные, представленные на **Изо.1**, **Изо.2** и **Изо.3**, получены при значении положения много позиционного переключателя **УМ** в положении **КУ**, В этом случае в момент резонанса, когда протекаемый ток «возбуждения» по обмоткам соленоидов моделей ЛМАН[®] 37 и ЛМАН[®] 37м обладает амплитудным значением, а подводимая к испытываемой модели ПЛМА мощность. В силу нелинейности материала её магнитопроводов приходится путём плавного изменения сдвига фазы у сигналов, отображённых на **ВХ Изо.3** цветом (это напряжение и цветом (это напряжение за счёт плавного изменения частоты на выходе **ФГ** «ручкой» потенциометра плавной установки частоты, размещённой в правой верхней части передней панели **ФГ**, осуществлять совмещение пиков этих «кривых».

С помощью изображения АЧХ
–3 дБ значение полосы пропускания
важные параметры, указанные в тексте в нижней части **Изо.1, Изо.2 и Изо.3**. В процессе наблюдения за формой контролируемых напряжений, представленных на **Изо.3**, осуществлялся мониторинг величины зарегистрированного сигнала разработанной и собственноручно изготовленной автором модели
вид которой в герметичной цилиндрической оболочке (5 см- диаметр, 100 см — длина) оболочке серого цвета представлен на **Фото.5**.

. При этом частота несущей
стало возможным определить на уровне
антенного контура тока «возбуждения» и прочие

В процессе наблюдения за формой контролируемых напряжений, представленных на **Изо.3**, осуществлялся мониторинг величины зарегистрированного сигнала разработанной и собственноручно изготовленной автором модели

вид которой в герметичной цилиндрической оболочке (5 см- диаметр, 100 см — длина) оболочке серого цвета представлен на **Фото.5**.



Фото.5

Экранированный двух жильный кабель выходного сигнала модели MAN[№] 8 длиной порядка был подсоединен к НЧ входу прецизионного анализатора HP 3581A «Wave Analyzer» (см. **Фото.5**) . Модель MAN[№] 8 была размещена в помещении размещения УМ и контролирующего режимом его работы и тестируемой удвоенной модели ПЛМА оборудования, а также комплекта устройств, изображенных на **Фото.7** в момент осуществления полевых измерений уровня сигнал, излучаемого в режиме CW удвоенной моделью ПЛМА а на пересечённой местности. HP 3581A «Wave Analyzer» — в процессе данного стендового теста удвоенной модели ПЛМА используется как прецизионный селективный вольтметр с возможностью отсчёта зарегистрированного уровня сигнала с MAN[№] 8 не посредственно с помощью его электродинамического стрелочного прибора, как по шкале «линейного отсчёта», так и шкале «логарифмического отсчёта» при установке полосы пропускания **RBW = 3 Гц**. А значение частоты исследуемого сигнала возможно отсчитать по много разрядному цифровому индикатору. HP 3581A «Wave Analyzer»- обладает

в широком спектре его устанавливаемых
предварительно с помощью двух много позиционных переключателей на его передней панели (см. **Фото.8**). Этот тракт аналогового усиления обладает

, сохраняя не изменой его спектральную «сигнал — шум» форму при выбранном заранее значении RBW с помощью размещённого на его передней панели много позиционного переключателя. Выходной сигнал этого тракта усиления может быть снят, подсоединением размещённого на его задней панели типа BNC разъема коаксиального кабеля к устройствам дальнейшего спектрального анализа, как это проиллюстрировано на **Фото.8**.

Итак, как отмечено в тексте, размещённом в нижней части изображения **ВХ Изо.3**:

а) был зарегистрировано с помощью **HP 3581A «Wave Analyzer»** при **RBW = 3 Гц** выходного сигнала **MAN[№] 8** на дистанции от излучаемой модели **ПЛМА ЭМВ** на частоте . При этом о виде его спектральной плотности можно судить по изображению графика на **Изо.4**.

б) с помощью портативного спектрометрического цифрового измерителя типа **АКИП 4210/3** магнитной или электрической составляющей напряжённости электромагнитного поля (**см. Фото.5**, он установленным на штативе). С его помощью было зарегистрировано эффективное значение индукции магнитного поля в лаборатории , что позволяет оценить

так называемую «Эффективную действующую высоту» H_{eff} приёмной антенны **MAN[№] 8** в месте её расположения. Итак,

$$= \frac{E_{test}}{(B_{test} / \mu_0) W_0} \quad \text{где}$$

в) Одновременно . С . проводилось измерение горизонтальной электрической составляющей напряжённости электромагнитного поля с помощью стоящего на штативе **АКИП 4210/3** для дистанций порядка и **1.5 м** при его размещении в горизонтальной плоскости в перпендикулярном направлении от центра между продольными осям моделей **ПЛМА** и с противоположной стороны размещения питающих их фидера.

Были получены следующие результаты

3.2.2. Данные, представленные на **Изо.5, Изо.6 и Изо.7**, получены при значении положения много позиционного переключателя **УМ** в положении **КУ** , В этом случае в момент резонанса, когда протекаемый ток «возбуждения» по обмоткам соленоидов моделей **ЛМАН[№] 37** и **ЛМАН[№] 37м** обладает амплитудным значением , а подводимая к испытываемой модели **ПЛМА** мощность силу нелинейности материала её магнитопроводов путём плавного изменения фазы несущей частоты с помощью, размещённой на передней панели **ФГ " ручки"** её изменения, осуществлялось совмещением пика кривой «синего» цвета, представленной на **Изо.7** (

с пиком кривой «красного» цвета (

). При этом частота несущей

. С помощью изображения АЧХ стало возможным определить на уровне -3 дБ значение полосы пропускания антенного контура тока «возбуждения» и прочие важные параметры, указанные в тексте в нижней части **Изо.5. 6. 7**.

3.2.3. Данные представленные на **Изо.8** являются результатами измерения в контролируемых точках параметров режима работы **УМ** и в моменту осуществления измерений **П.С.**

Ляско

вблизи испытательного стенда размещения удвоенной передающей модели ЛМА при значении режима работы **УМ с**

На **Фото. 6а, 6б, 6в и 6г** представлен результат его измерений.



Фото.6а $E_g(D=0.5\text{ m})$



Фото.6б $E_v(D=1.5\text{ m})$



Фото.6в E_g(D=0.5 m)

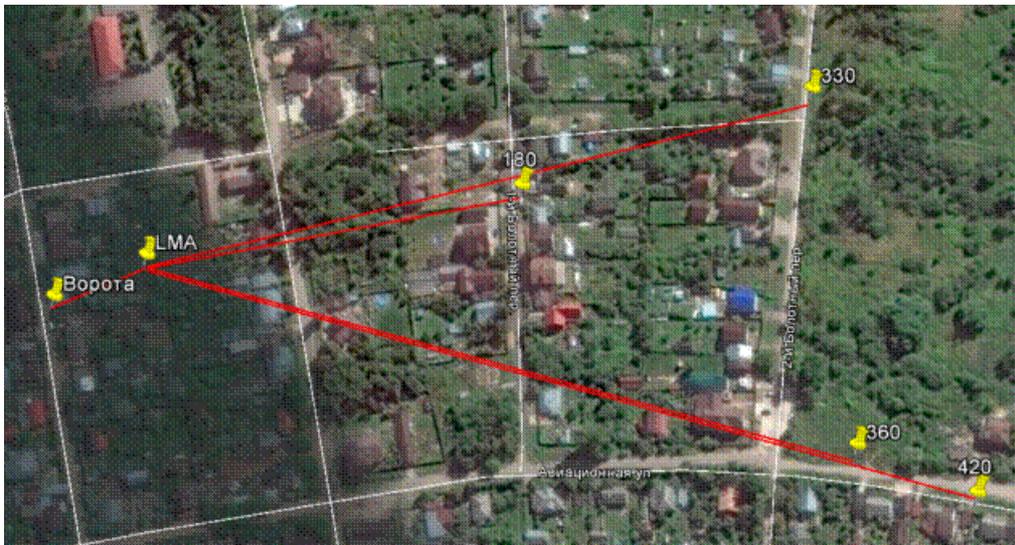


Фото.6г E_v(D=1.5 m)

Следует иметь ввиду, что по мимо 3D микро антенн для фиксации величины индукции переменного магнитного поля внутри корпуса измерителя АК ИП 4210/3, передняя панель которого представлена на этих фотографиях, он содержит также внутри микро антенну для регистрации напряжённости электрической составляющей ЭМП. Эта микро дипольная антенна расположена параллельно нижней кромки его дисплея. Поэтому в для регистрации вертикальной составляющей напряжённости переменного электрического поля требуется в вертикальной плоскости повернуть корпус АК ИП 4210/3 на 90 градусов. Анализ содержания изображений на этих фотографиях приводит к следующему выводу: по мере удаления от стенда

4. Тест уровня сигнала от удвоенной модели на пересечённой местности.

П.С. Ляско определил на прилагаемой карте **Изо.13** пункты контроля во круг района расположения тестируемой удвоенной модели ПЛМА на пересечённой местности.



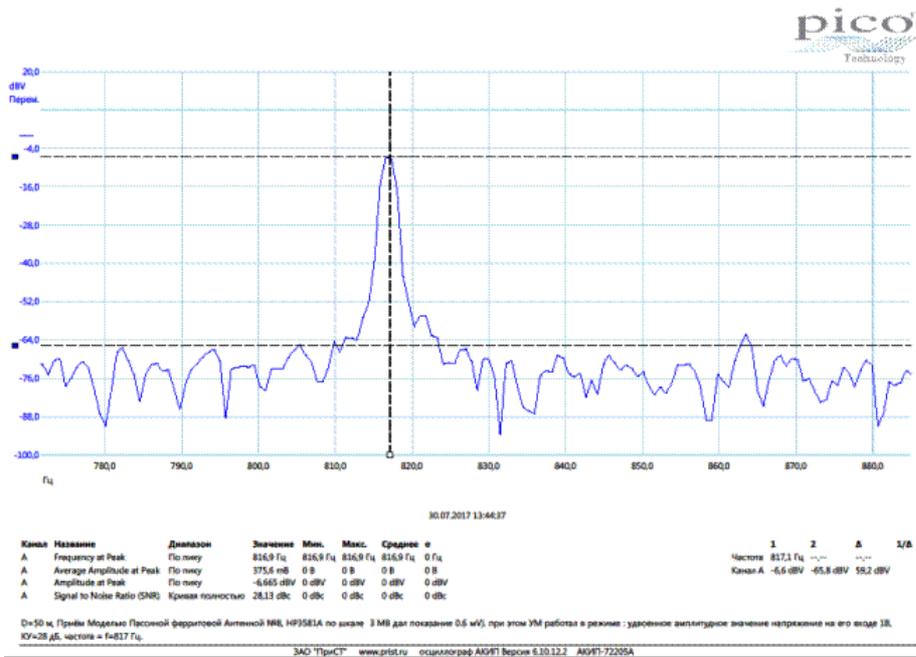
Изо.13. Изображение мест измерений уровня принятого сигнала с помощью MAN[№] 8.



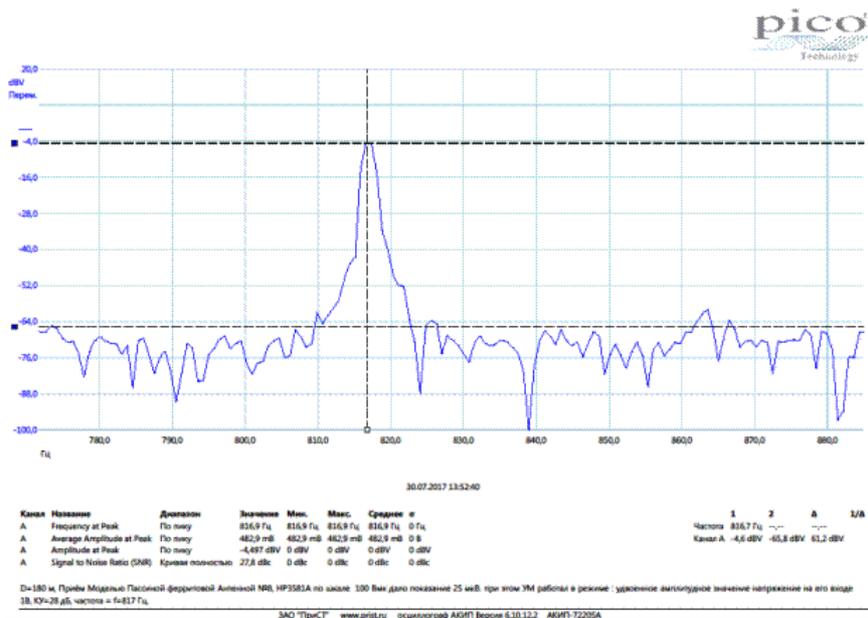
Фото.7. Расположение регистрирующей аппаратуры сигнала от MAN[№] 8, закреплённой вне салона.

4.1 Изображение **ВХ** на **Изо.10 — 12** получены автором при мониторинге режима работы УМ и удвоенной модели ПЛМА в момент осуществления **П.С. Ляско** измерений уровня принятого антенной MAN[№] 7 сигнала в намеченных им контрольных точках пересечённой местности с помощью аппаратуры, изображенной на **Фото.7** в салоне его автомашины.

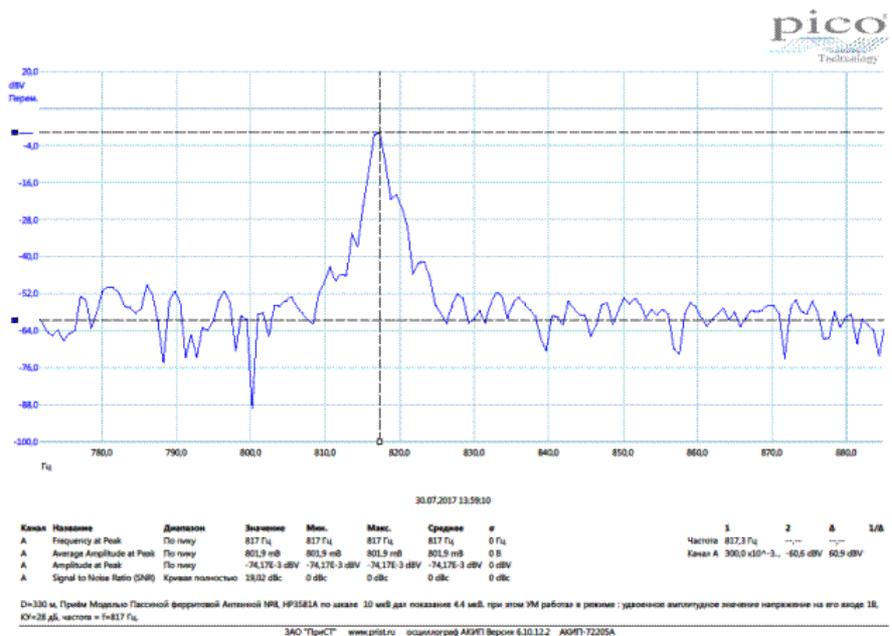
На **Изо. 14 — 18** представлена спектральная плотность реставрированного и усиленного сигнала с помощью **HP 3581A «Wave Analyzer»** при **RBW=3 Гц** на выходе упомянутого ранее его



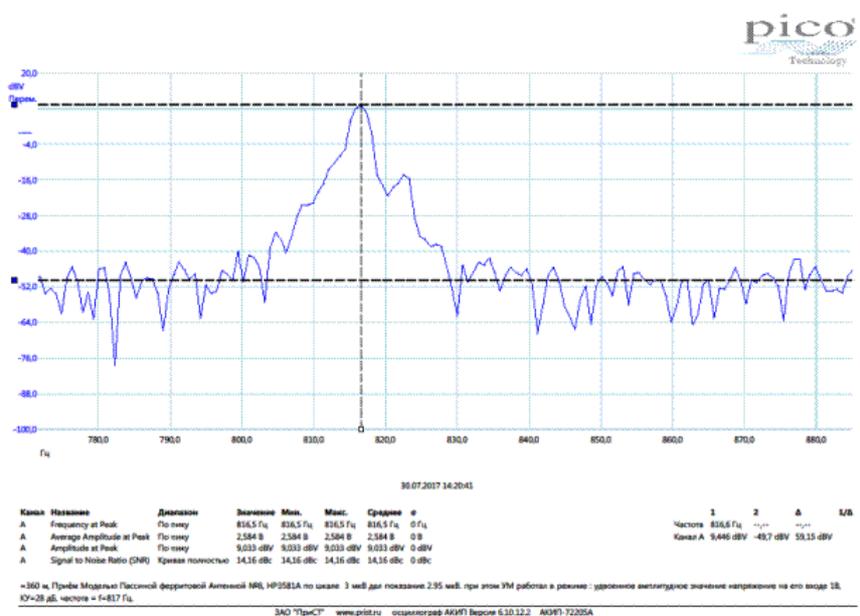
Изо.14 Дистанция 50 м.



Изо.15 Дистанция 180 м.



Изо.16. Дистанция 330 м.



Изо. 17. Дистанция 360 м.



Изо.18. Дистанция 420 м.



Фото.8. Показание принятого сигнала Антенной MAN[№] 8 на дистанции 50 м.



Фото.9. Показание принятого сигнала Антенной MAN[№] 8 на дистанции 180 м.



Фото.10. Показание принятого сигнала Антенной MAN[№] 8 на дистанции 330 м



Фото.11. Показание принятого сигнала Антенной MAN[№] 8 на дистанции 360 м



Фото.12. Показание принятого сигнала Антенной MAN[№] 8 на дистанции 420 м

канала реставрации и усиления поступившего на его вход сигнала в момент осуществления захвата его фазы при функционировании его Автоматической Системы Регулирования Коэффициента Усиления (АСРКУ) для поддержания соотношения сигнал — шум, как это имеет место при измерении им сигнала Пассивной Приёмной Антенной MAN[№] 8.

Результат измерений уровня принятого сигнала по шкалам аналогового электромагнитного регистратора, размещённой на его на передней панели, и при этом тип используемой линейной шкалы HP 3581A «Wave Analyzer», а так же указание дистанции измерения точки контроля, отмеченной на карте **Изо.13**, — указан автором в тексте в нижней части изображений **Изо.14 — Изо.18**

5. Заключение

Учитывая очень низкое значение величины модели Пассивной
 Приёмной антенны MAN[№] 8 на частоте порядка в её реально окружаемой среде,

при отклонении более чем на

направления

Впереди испытание этой удвоенной модели ПЛМА и модели MAN^{№ 7} в не менее

Для чего

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.