



*Вер. mob*  
*24.07.2020*

*Руководство*

# Содержание

Введение.....	3
Основные возможности.....	3
Аппаратные и программные требования.....	3
Установка программы.....	4
Описание главных окон программы.....	4
Описание конфигурации H.....	5
Кнопки управления.....	5
Уровень входного сигнала.....	6
Спектр текущей ноты и гармоник.....	6
Виртуальная клавиатура.....	6
Описание конфигурации HFS.....	7
Панель спектра.....	7
Нижний ряд кнопок.....	7
Всплывающее меню.....	8
Схема работы программы.....	9
Основные этапы работы с программой.....	10
Запуск программы.....	10
Установка основных параметров.....	10
Предварительная настройка звукоряда (при необходимости).....	11
Настройка зоны температуры(ЗТ).....	12
Сравнение спектров. Настройка унисона. Настройка остальной части звукоряда.....	13
Особенности ввода нот при записи.....	14
Особенности ввода в режиме “Авто”.....	14
Особенности ввода в ручном режиме.....	14
Ограничения, связанные с линией отсечки шумов.....	15
Что делать, если нажатая нота не распознается.....	16
Сброс нот.....	17
Приложение 1.....	17
Предупреждения при установке программы.....	17
Приложение 2.....	19
Некоторые понятия, используемые в программе.....	19
Гармоники.....	20
Маркеры расчетных и реальных гармоник.....	21
Приложение 3.....	21
Описание настроек.....	21

# Введение

**PianoLabM** – это мобильная версия программы **PianoLab** для настройки и анализа строя фортепиано для платформы Андроид.

**PianoLab** упрощает настройку фортепиано с помощью таких средств, как автоматический расчет оптимальных частот зоны температуры **с учетом негармоничностей струн**, визуализация спектра и анализ гармоник конкретной ноты, анализ звукоряда по кривым негармоничностей, интервалов и др.

## Основные возможности

- спектральный анализ и отображение звукового сигнала в режиме реального времени, измерение частоты звука с точностью до сотых долей герца,
- автоматический расчет плана оптимальной настройки инструмента для зоны температуры с учетом **негармоничности** струн,
- автоматическое выделение в спектре звука нажатой ноты частоты ее гармоник (количество анализируемых гармоник – 5),
- сохранение снимка спектра сигнала для визуального сравнения спектров двух нот (для настройки унисонов),
- сохранение информации о звукоряде инструмента в файл, загрузка информации из ранее сохраненного файла,
- другие: удержание пиков, масштабирование по амплитуде и частоте и др.

Средства масштабирования позволяют детально проанализировать любой фрагмент спектра. Это особенно полезно при анализе гармоник вводимой ноты.

**Особо следует подчеркнуть наличие в программе модуля нахождения оптимального решения для зоны температуры.**

## Аппаратные и программные требования

- Операционная система – Android 4 и выше,
- **Звуковой модуль** – любой, в том числе встроенный (на материнской плате),
- **Микрофон** – любой, но для полной настройки звукоряда желателен микрофон с диапазоном частот 10 Гц - 20 кГц. Если же Ваш микрофон не поддерживает весь диапазон, то по настроенной средней части диапазона - частоты от 100 до 4500 Гц, которые, как правило, поддерживает любой микрофон, настраиваются остальные части звукоряда: по верхним гармоникам для басов и по нижним для дисканта.

# Установка программы

Установщик **PianoLabM** можно скачать с сайта <https://PianoLab.ru/> в разделе загрузок.

В последних версиях Android усилена защита при установке и начальном запуске программы. Со всеми предупреждениями, выдаваемыми защитой Android нужно согласиться и продолжить программу.

В **приложении 1** приведены некоторые снимки окон предупреждений.

В **приложении 2** приводится описание некоторых понятий, используемых в программе.

## Описание главных окон программы

В программе можно использовать два вида представления информации на экране (условно, конфигурации **H** и **HFS**):

- **H**(гармоники и сужение спектра для текущей ноты и гармоники)
- **HFS**(гармоники, частоты и спектр)

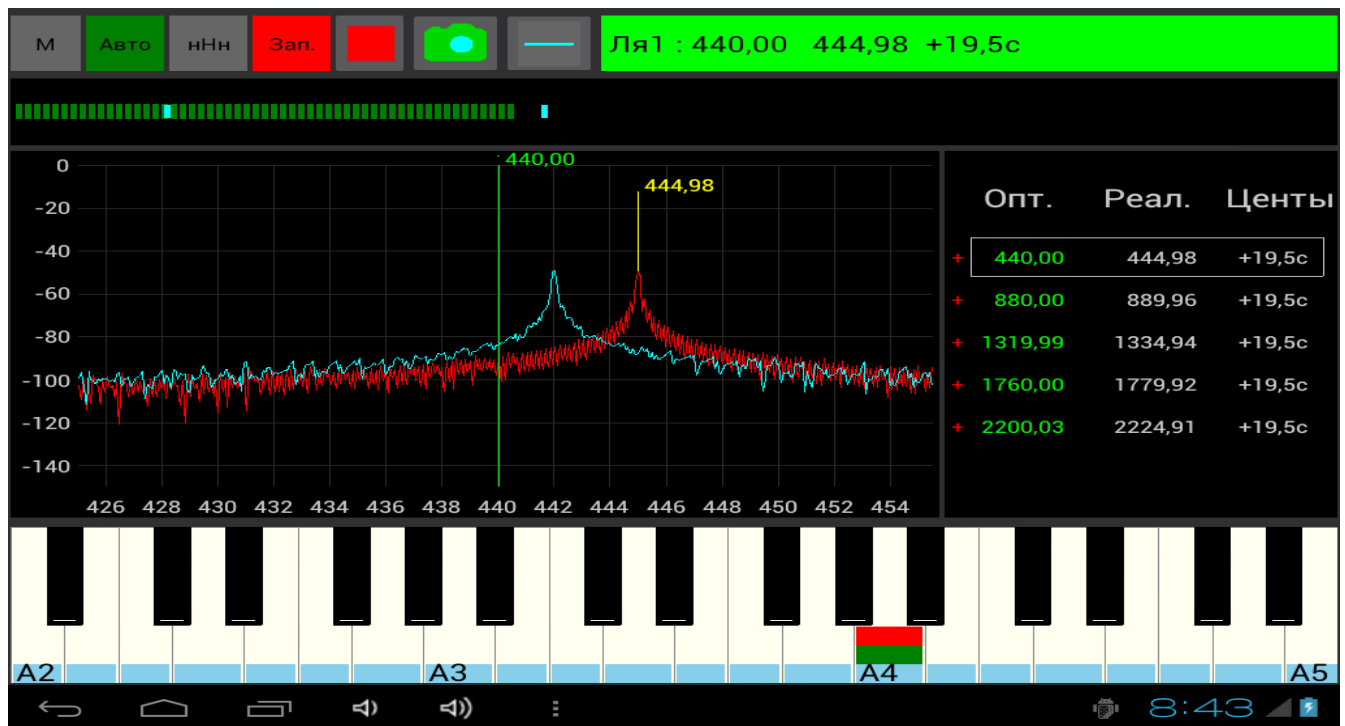
Конфигурация **H** удобнее для устройств с небольшим экраном - 4-6 дюймов,

а более информативная конфигурация **HFS** - для устройств с большим экраном - 7-10 дюймов.

После установки программы, по умолчанию выставлена конфигурация **H**.

Выбор конфигурации можно сделать после запуска программы из меню по кнопке **M**, и далее, **Переключение конфигураций**.

# Описание конфигурации Н




Окно разбито по вертикали на четыре фрагмента:

- Кнопки управления.
- Уровень входного сигнала.
- Спектр текущей ноты и справа миниокно гармоник.
- Виртуальная клавиатура.

## Кнопки управления

- **М** – вызов всплывающего меню.
- **Авто** – включение/выключение **АвтоОпределения** ноты.
- **ннн** – включение/выключение **АвтоОпределения** нот, только **соседних** с текущей нотой или нот по всему диапазону.
- **Зап.** – включение/выключение **Записи** ноты.
- **▶/■** – **Старт/ Стоп** ввода звукового сигнала.
- **Снимка спектра** – включение/выключение **Снимка спектра**.
- **Линии отсечки шумов** – Включение/выключение отображения **Линии отсечки шумов**.

- **Информационное поле** - для вывода названия текущей ноты, частот гармоник с оптимальной и реальной частотой и разницы между ними в центах. **Когда нота распознана, фон этого окна выделяется ярко-зеленым цветом.** Используется также для вывода некоторых сообщений программы. При нажатии выдается всплывающее окно со следующей информацией:
  - B1-база1(левая граница зоны температуры),
  - B2- база2(правая граница зоны температуры),
  - A4(Ля1) – частота базовой ноты,
  - Fs – частота дискретизации(сэмплирования),
  - FFTsz - величина блока анализа преобразования Фурье,
  - Sres – значение спектрального разрешения в Гц.

Кнопки имеют два состояния - включено или выключено. Во включенном состоянии фон кнопок - зеленый, в выключенном - серый. Исключением является кнопка  (**Запись**) - фон этой кнопки при включении становится красным.

### Уровень входного сигнала

Имеет два маркера. Правый маркер(**MAXs**) определяет пороговое значение сигнала, после превышения которого, начинается распознавание ноты в вводимом сигнале. Левый маркер(**MINs**) определяет минимальный порог, определяющий окончание анализа сигнала. Положение правого маркера можно изменять скольжением пальца в этой полоске слева/направо и наоборот.

### Спектр текущей ноты и гармоник

Длина спектра - 120 центов по 60 центов слева и справа от оптимальной частоты текущей ноты и гармоник. Выбор ноты делается с виртуальной клавиатуры, а выбор гармоник перемещением рамки вверх-вниз в правом подокне жестом. В этом фрагменте показывается маркер оптимальной частоты - вертикальная линия ярко - зеленого цвета. Если был сделан снимок спектра, то высвечивается также снимок спектра голубоватым цветом. А если в процессе ввода, нота была распознана, то и маркер реальной частоты с максимальной амплитудой, попадающий в этот диапазон. Высвечивается желтым цветом. Положение маркера оптимальной частоты может меняться. Так, после запуска программы или после сброса всех нот, положение этого маркера определяется идеальной частотой равномерно темперированного звукоряда по частоте базовой ноты Ля<sup>1</sup>(A4). После получения оптимального решения или после загрузки сохраненного звукоряда из файла, положение этого маркера может не совпадать с идеальным.

В этом фрагменте возможны масштабирование и сдвиги по вертикали или горизонтали стандартной жестикულიцией.

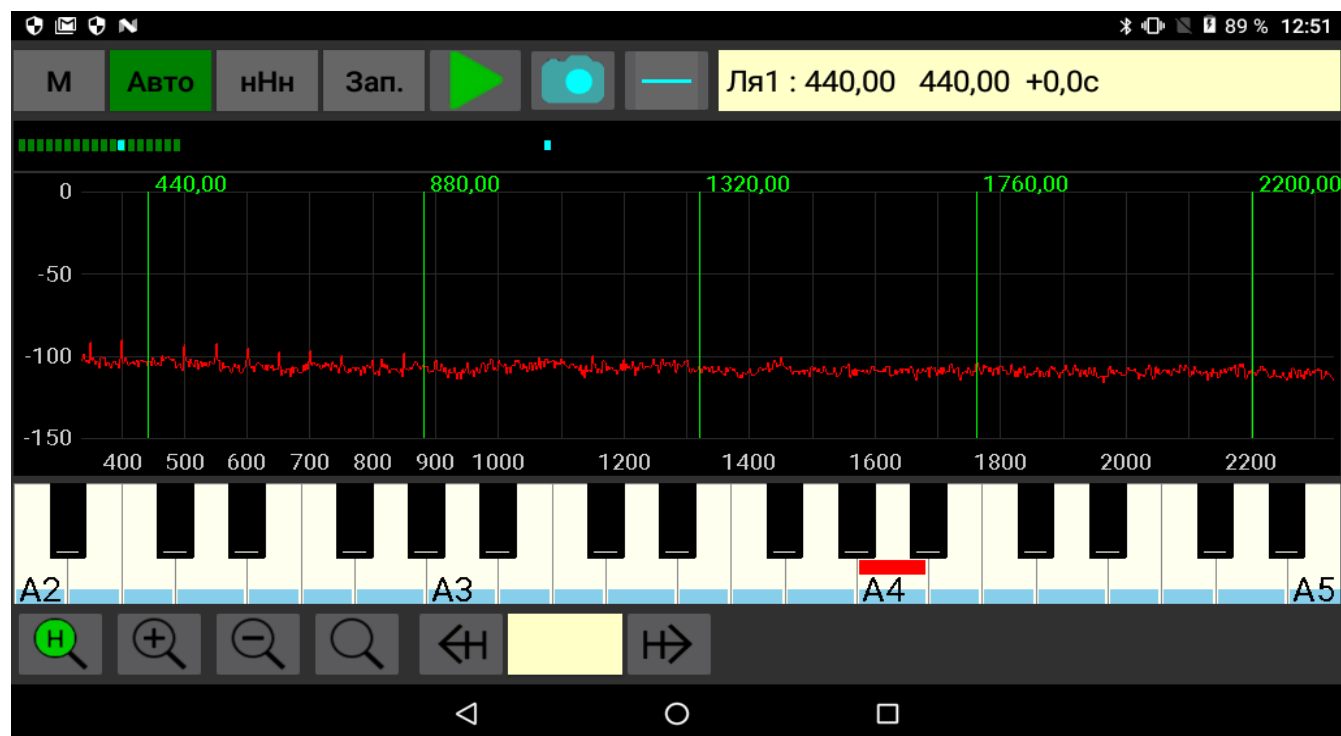
Правая часть 3-го фрагмента используется для высвечивания информации о первых пяти гармониках. Здесь возможен выбор гармоник движением рамки вверх-вниз. В каждой строке выдается расчётная (оптимальная) частота выбранной гармоник, она выделена ярко-зеленым цветом. Затем реальная частота и разница между ними в центах.

### Виртуальная клавиатура

Используется для выбора ноты. Стандартной жестикულიцией допустимы сдвиги влево-вправо и масштабирование: вся клавиатура или ее часть на три октавы. При вводе ноты в режиме автоопределения, нота на клавиатуре устанавливается автоматически. В виртуальной клавиатуре текущая нота помечается красным прямоугольником, записанные ноты - зелеными прямоугольниками и ноты, входящие в зону температуры - голубыми прямоугольниками. Для

лучшей ориентации, октавы в видимой части помечены нотацией А. Например, А2,...,А3,...,А4,...,А5. Используется латинская нотация, так как для русскоязычной версии мало места.

## Описание конфигурации HFS



Окно делится по вертикали на 6 фрагментов:

- Два ряда кнопок: в верхней и нижней части экрана.
- Уровень входного сигнала.
- Панель частот маркеров.
- Панель спектра.
- Виртуальная клавиатура.




Верхний ряд кнопок, уровень входного сигнала и виртуальная клавиатура аналогичны фрагментам конфигурации **Н**.

### Панель спектра

Имеет две шкалы: по оси Y – шкала амплитуд в дБ. и по оси X – линейная шкала частот в Гц. и собственно сам спектр. Также как и в конфигурации **Н** здесь высвечиваются оптимальные и реальные маркеры, но в отличие от **Н** можно рассмотреть весь спектр от 0-й частоты до частоты, определяемой величиной FFT/2 блока. В этом фрагменте возможны масштабирование и сдвиги по вертикали или горизонтали стандартной жестикующей.

### Нижний ряд кнопок

- Кнопка - масштабирование спектра по горизонтали, при котором все 5 гармоник помещаются в панель спектра.
- Кнопка - укрупнение масштаба спектра по горизонтали.
- Кнопка - уменьшение масштаба спектра по горизонтали.

- Кнопка  - сброс масштаба спектра по горизонтали и по вертикали.
- Кнопки ,  - перемещение по гармоникам с изменением масштаба.

## Всплывающее меню

Одинаково для всех конфигураций. Вызывается нажатием кнопки М в верхнем ряду кнопок:

- **Настройки** – вызов окна изменения настроек программы. Здесь можно настроить некоторые параметры обработки входного сигнала и визуализации спектра. Параметры, выставленные по умолчанию, достаточны для настройки средней точности. В этом случае точность определения частот нот будет примерно равна 0.08 Гц. (0.4 цента для средней части диапазона) или 1 биение за 10 секунд.
- **Переключение конфигураций.**
- **Сохранить файл.**
- **Открыть файл.**
- **Негармоничность.**
- **Интервалы.**
- **Рейлсбек.**
- **Нахождение оптимального решения.** Запуск модуля расчета оптимальных частот для зоны температуры.
- **Сброс текущей ноты** – возврат параметров текущей ноты к первоначальному состоянию. Полезно при неправильном вводе ноты.
- **Сброс всех нот** – инициализация всего звукоряда в соответствии с принципом равномерной температуры, т.е. частоты соседних нот уменьшаются или увеличиваются в корень 12 степени из 2. В качестве базовой ноты берется нота **Ля<sup>1</sup>**
- **Сброс линии отсечки.**
- **Удержание пиков.**
- **Сигнал-генератор.**
- **Регистрация** – информация о статусе программы, серийном номере и кнопка активации.
- **Выход** из программы.






# Схема работы программы

Весь звукоряд фортепиано от ноты **Ля<sub>5</sub>** до **До<sup>5</sup>** хранится в памяти программы. При запуске программы производится **инициализация звукоряда по базовой ноте Ля<sup>1</sup>**. **Маркеры расчетных гармоник** для каждой ноты высвечиваются по этим инициализированным значениям.

Вкратце, маркеры расчетных и реальных гармоник это :

- **Маркер расчетной(оптимальной) гармоник** – вертикальная прямая на графике спектра с координатой по оси частот, равной частоте **расчетной гармоник**. По умолчанию высвечивается ярко - зеленым цветом.
- **Маркер реальной гармоник** – вертикальная прямая на графике спектра с координатой по оси частот, равной частоте **реальной гармоник**. По умолчанию высвечивается желтым цветом.

**Примечание.** Подробнее о маркерах смотрите **Приложение 2**.

При нажатии кнопки  (**Старт**) запускается процесс ввода звукового сигнала с устройства ввода (как правило, микрофон). Снятый сигнал преобразуется в программе по алгоритму быстрого преобразования Фурье в спектр и высвечивается на экране в режиме реального времени. При превышении уровня звукового сигнала уровня **MAXs**, начинается анализ спектра на наличие гармоник ноты из допустимого диапазона.

Если в спектре обнаруживается какая-нибудь **допустимая нота**(в смысле наличия нужного числа значимых гармоник и лежащих в допустимых местах спектра), то максимумы амплитуд гармоник распознанной ноты запоминаются во временной таблице. По ним заполняется окно значений гармоник и высвечиваются **маркеры реальных гармоник** (желтые вертикали) и происходит автоматическое переключение текущей ноты на распознанную. Цвет наименования ноты в окне спектра становится ярко-зеленым.

Анализ спектра выполняется до тех пор, пока уровень звукового сигнала не станет ниже уровня **MINs**.

Если была разрешена запись, то в режиме **“Авто”** среди сохраненных состояний нот во временной таблице, выбирается нота с максимальной суммой взвешенных амплитуд гармоник, которая и записывается в память программы. **В ручном режиме** после того, как нота распознана, решение о записи принимает сам настройщик нажатием кнопки **“Стоп”**. Для записанной ноты информация в **окне значений гармоник сохраняется**. Если записи не было, то эта информация сбрасывается.

Процесс ввода ноты по отдельным гармоникам удобно контролировать в **окне значений гармоник**. Можно также анализировать гармоники в окне спектра выбрав масштаб – **“Н”** (все гармоники, для конфигурации **HFS**) или по какой-нибудь одной гармонике.

В режиме настройки (запись запрещена), по маркерам **реальных** и **расчетных** гармоник можно принимать решение – подтягивать или ослаблять струну. Так как обновление спектра происходит достаточно часто, то изменение натяжения струны оперативно отражается на спектре. Как только вывели реальный маркер на оптимальный (совместили) можно переходить к следующей ноте.

Маркеры реальных гармоник появляются, когда нота распознана. Однако, при настройке конкретной струны вовсе не обязательно ждать пока нота будет распознана и появятся реальные

маркеры. Достаточно появления более-менее сформировавшегося пика 1-й или 2-й гармоники и выставлять струну так чтобы эти пики были поближе к оптимальному(расчетному) маркеру.

Частоты **инициализированного звукоряда** могут не соответствовать частотам звукоряда реального равномерно-темперированно настроенного инструмента, так как не учитывают специфику инструмента негармоничность конкретных струн, особенности деки и т.д.), но этот идеальный строй может использоваться в качестве первого приближения или предварительного подъема струн. Это вариант использования программы в качестве хроматического тюнера.

Если в предварительном подъеме струн нет необходимости, то сначала настраивается зона температуры, затем по настроенной зоне настраивают басы и дискант.

Для настройки зоны температуры нужно записать все ноты зоны (по одной струне в хоре) и запустить модуль расчета оптимального плана. Если оптимальный план существует, то **маркеры расчетных (оптимальных) гармоник** для каждой ноты зоны температуры высвечиваются уже по этим найденным значениям и остается только вывести **маркеры реальных гармоник** каждой ноты зоны на эти **расчетные(оптимальные) маркеры**.

Настройка нот басов и дисканта проводится стандартно по уже настроенным нотам зоны температуры. Здесь может быть полезным использование **снимка спектра** соответствующей ноты зоны температуры.

Результаты работы можно сохранять в файле. Качественную картину настройки всего звукоряда или его части можно получить по некоторым типам интервалов в соответствующих окнах.

## Основные этапы работы с программой

- запуск программы;
- установка основных параметров программы;
- предварительная настройка звукоряда, при необходимости;
- настройка зоны температуры;
- настройка остальной части звукоряда.

Если предполагается использовать внешний микрофон, то его нужно подключить перед запуском программы.

### Запуск программы

Использование программы ориентировано на альбомное положение устройства. Повороты после запуска программы не выполняются!

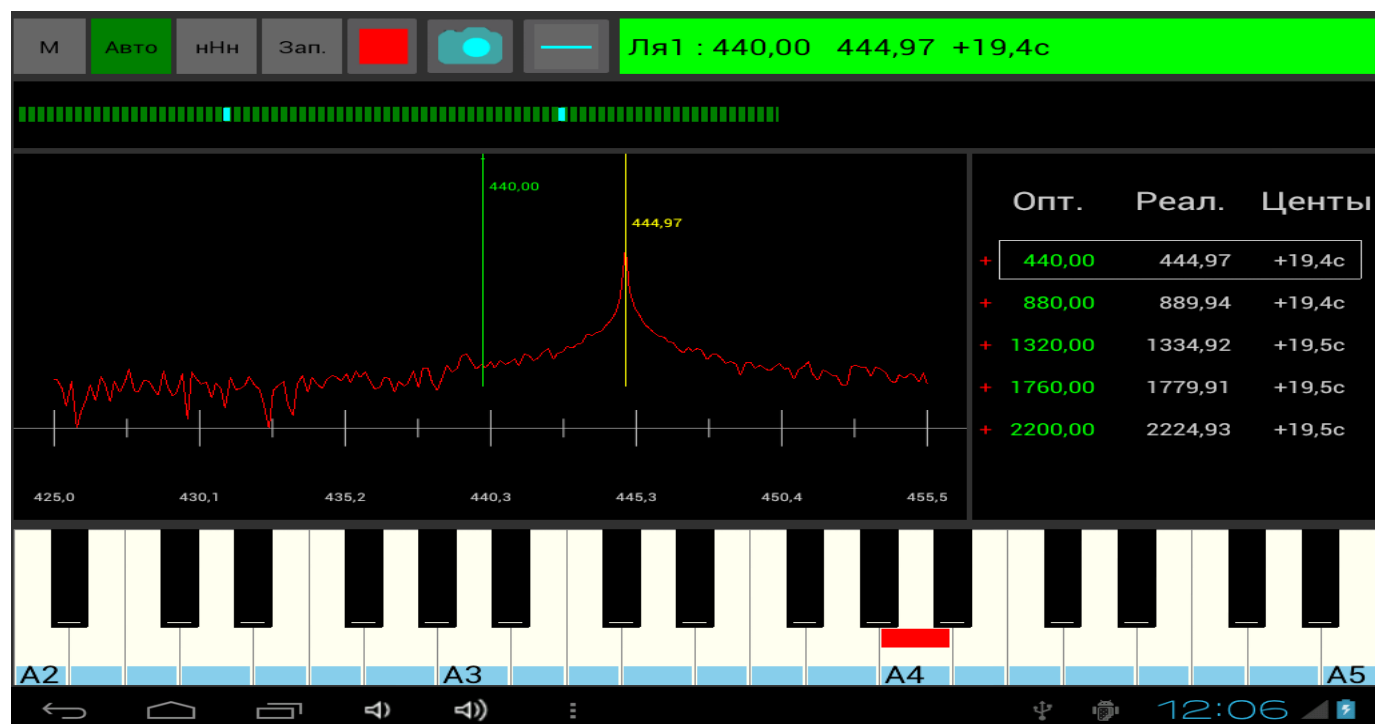
### Установка основных параметров

На начальном этапе освоения программы рекомендуется использовать параметры по умолчанию. При необходимости изменяем настройки программы. Подробнее о настройке смотрите **Приложение 3**.

После запуска программы попадаем в главное окно:

Нажмите кнопку ► **(Старт)** (если еще не нажата) и проверьте отображение спектра входного сигнала. Спектр должен меняться во времени и реагировать на микрофон.

Нажимаем на фортепиано клавишу **Ля<sup>1</sup>**. Экран должен выглядеть примерно, как на рисунке и должен реагировать на микрофон.



### Предварительная настройка звукоряда (при необходимости)


Частоты **инициализированного звукоряда** могут не соответствовать частотам звукоряда реального равномерно-темперированно настроенного инструмента, так как не учитывают специфику инструмента (негармоничность конкретных струн, особенности деки и т.д.), но этот идеальный строй может использоваться в качестве первого приближения (цвиковки).

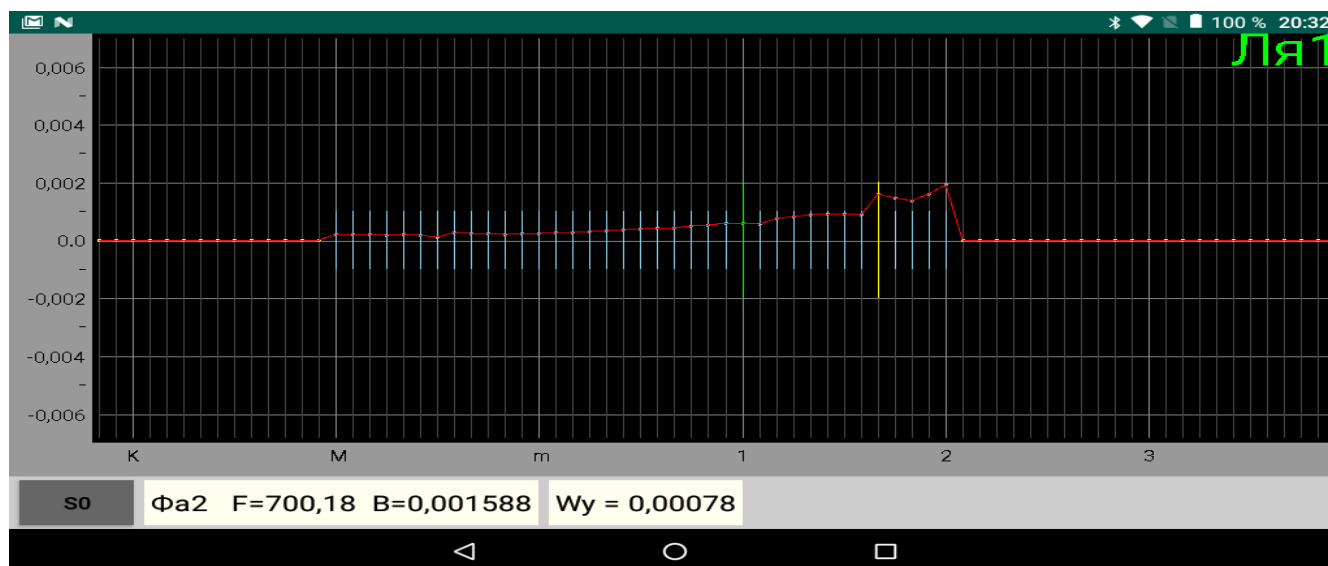
Если строй инструмента поднимается за несколько подходов, постепенно выходя на нужную высоту, то это достигается в программе изменением частоты базовой ноты **Ля<sup>1</sup>** в настройках, что приводит к инициализации звукоряда по установленной частоте. И достаточно просто поднять строй в соответствии с инициализированным рядом, не добиваясь особой точности и не записывая ноты в память программы.

Итак, для выполнения цвиковки, нужно установить требуемую частоту базовой ноты. Запустить процесс ввода, т.е. нажать кнопку **▶ (Старт)**, выбрать ноту и подогнать желтый **маркер (или просто пик)** первой или второй **реальной гармонике** выбранной ноты к зеленому маркеру первой (второй) **оптимальной гармонике**. Не останавливая процесс ввода перейти к другой ноте и повторить подгонку маркеров(пиков). И так – для всех нот.



Если требуется точная настройка, то сначала настраивается зона температуры, затем по настроенной зоне настраивают басы и дискант.

## Настройка зоны температуры(ЗТ)

- 1 Проверяем в меню/настройках частоту **базовой ноты**  $Ля^1$ , обычно эта частота равна **440** Гц. Если нужна другая частота, то изменяем ее и выходим из настроек по "Ок".
- 2 Затем нужно ввести все ноты **ЗТ**, по умолчанию, это диапазон от  $Ля_m$  до  $Ля^2$  включительно. Ввод нот при записи должен производиться только для одной струны в хоре. То есть, все струны в хоре, кроме одной должны быть заглушены. Удобно пользоваться лентой из фетра достаточной по длине, чтобы охватить всю **ЗТ**. Кнопка  (**Запись**) должна быть нажата.
- 3 После записи всех нот, проверяем не выбивается ли какая-нибудь нота по негармоничности из общего ряда. Для этого из меню выбираем опцию "Негармоничность".




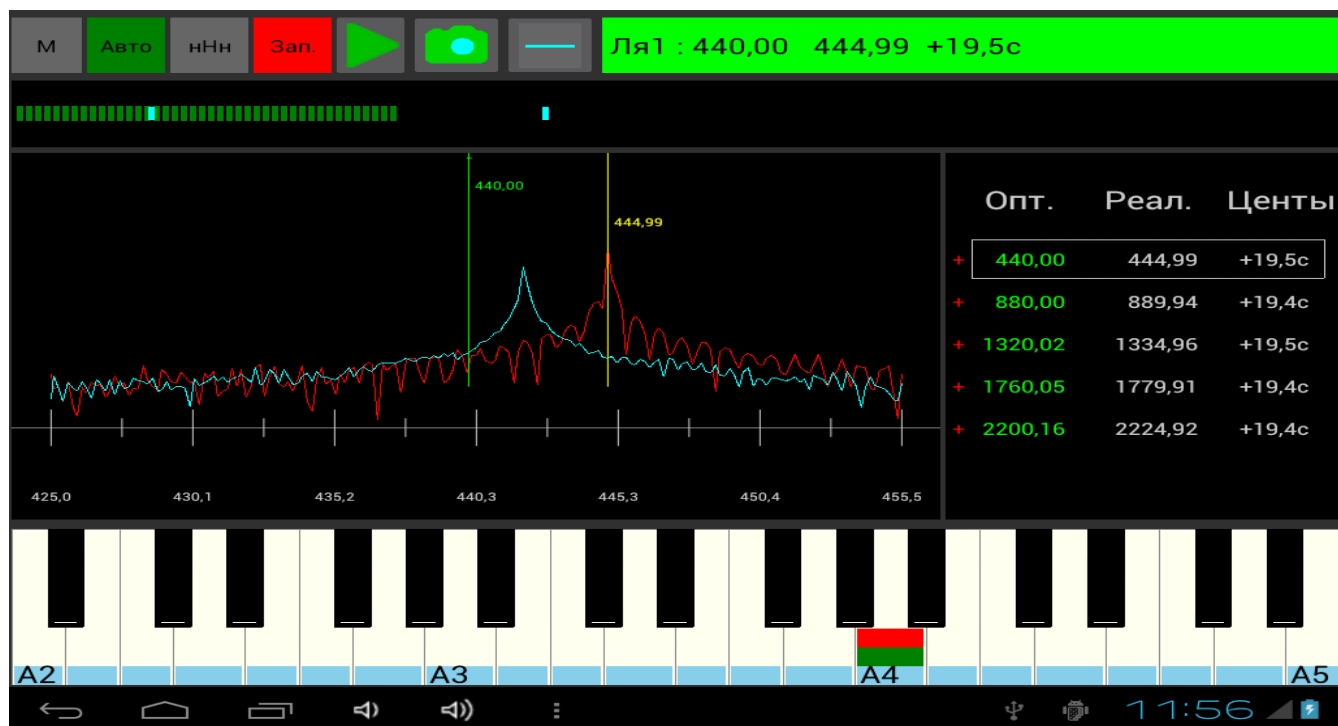
На рисунке видно, что нота Фа2 несколько повышена по негармоничности. На всякий случай введем эту ноту повторно. В моем случае это не помогло: по-видимому, это такая струна или форма молоточка. Но все же рекомендуется проделывать эту процедуру.

- 4 После того как ввели все ноты **ЗТ** запускаем процесс поиска решения - опция "**Нахождение оптимального решения**" в всплывающем меню. Если решение существует, то **маркеры оптимальных гармоник** для нот зоны температуры будут соответствовать найденному плану настройки.
- 5 Делаем сохранение в файл и выключаем разрешение записи: цвет кнопки  станет серым .
- 6 Далее, настраиваем струны в хорах **ЗТ**. Сначала одну струну в хоре, выводя ее на **оптимальный маркер**, затем остальные струны в хоре в унисон с первой настроенной. Для большей точности подстраивать ноты лучше не по первой гармонике, а по второй или выше.
- 7 **Примечание.** Решение ищется так, чтобы биения в квартках, квинтах, терциях и секстах попадали в определенный интервал. Ширина этого интервала минимизируется, а разность между 2-ой гармоникой  $Ля_m$  и 1-ой гармоникой  $Ля^2$  была бы минимальной. Решение может не существовать при всех ограничениях. Если решение существует, то в всплывающем информационном окне выдается сообщение о том, что решение найдено с указанием отношения суммы отклонений реальных частот от идеальных и отклонений найденного решения по всем 4-м интервалам.

**Решение может не существовать** в случае, когда одна или несколько нот значительно отличаются по частоте от значений инициализированного звукоряда.

## Сравнение спектров. Настройка унисона. Настройка остальной части звукоряда

Настройка нот басов и дисканта проводится “октавами” по уже настроенным нотам зоны температуры. При это можно использовать **Снимок** спектра соответствующей ноты зоны температуры. Триггерная **Кнопка Снимок спектра**  используется для фиксации на экране текущего спектра. Этот зафиксированный спектр может использоваться для сравнения с последующими спектрами.



Повторное нажатие кнопки **Снимок спектра** сбрасывает **Снимок**.


На рисунке показаны два спектра: спектр голубого цвета - снимок и спектр красного цвета – текущий спектр.

Сравнение спектров можно использовать, также и для настройки унисонов.

Итак, для настройки остальной части звукоряда нужно перебрать по очереди все ноты зоны температуры. Делаем для каждой ноты **Снимок** и по нему настраиваем в унисон соответствующую ноту из соседней октавы. При этом, разумеется, не отменяется слуховой контроль. Дело в том, что негармоничность струн может проявлять себя по-разному и уравнивать все совпадающие гармоники интервала не всегда удастся. В таких случаях приходится идти на компромисс и выбирать на слух более благозвучный вариант. Особенно это заметно при настройке басов.

# Особенности ввода нот при записи

**Замечание по микрофону.** Бюджетные микрофоны, как правило, не берут частоты ниже 100 герц, то есть примерно, частоты ниже частоты 1-й гармоники ноты **ЛяМ**. Существует ограничение и по верхним частотам. Но это и не очень нужно, так как работать с программой для басов можно по 2-й и выше гармоникам. А для верхов берем нижние гармоники. Важно только, чтобы микрофон уверенно брал частоты нот из зоны температуры **ЗТ**, так как мы должны записать частоты этих нот в программу и затем получить оптимальное решение для **ЗТ**. При последующей настройке записывать ноты вне зоны температуры не обязательно (достаточно наблюдать по спектру или в окне гармоник).

**Запись нот в память компьютера** разрешается только при включенном режиме  (**Запись**).


Напомню, что фон кнопки  при этом становится красным .


## Особенности ввода в режиме “Авто”

В этом режиме поиск допустимой ноты идет по спектру всего звукоряда фортепиано. Начало анализа происходит по превышению уровня входного сигнала определенного порогового значения (правая голубая полоска в окне уровня входного сигнала – маркер **MAXs**). Анализ заканчивается, когда уровень сигнала падает ниже некоторого минимума (левая голубая полоска в окне уровня входного сигнала - маркер **MINs**).

Таким образом, уровень входного сигнала в начальный момент нажатия клавиши фортепиано должен превышать **MAXs**, а в режиме тишины должен быть меньше **MINs**.

Положение маркера **MAXs** в окне уровня сигнала можно изменять захватом и движением влево/вправо. Это иногда полезно, когда увеличение силы удара по клавише или изменение уровня сигнала в системных настройках не дает эффекта.

В условиях шумного помещения, для уменьшения вероятности ложного срабатывания при определении ноты в режиме “Авто”, поиск нот можно вести только среди соседних нот по отношению к текущей – по одной ноте слева или справа. Для этого в нужно включить кнопку .

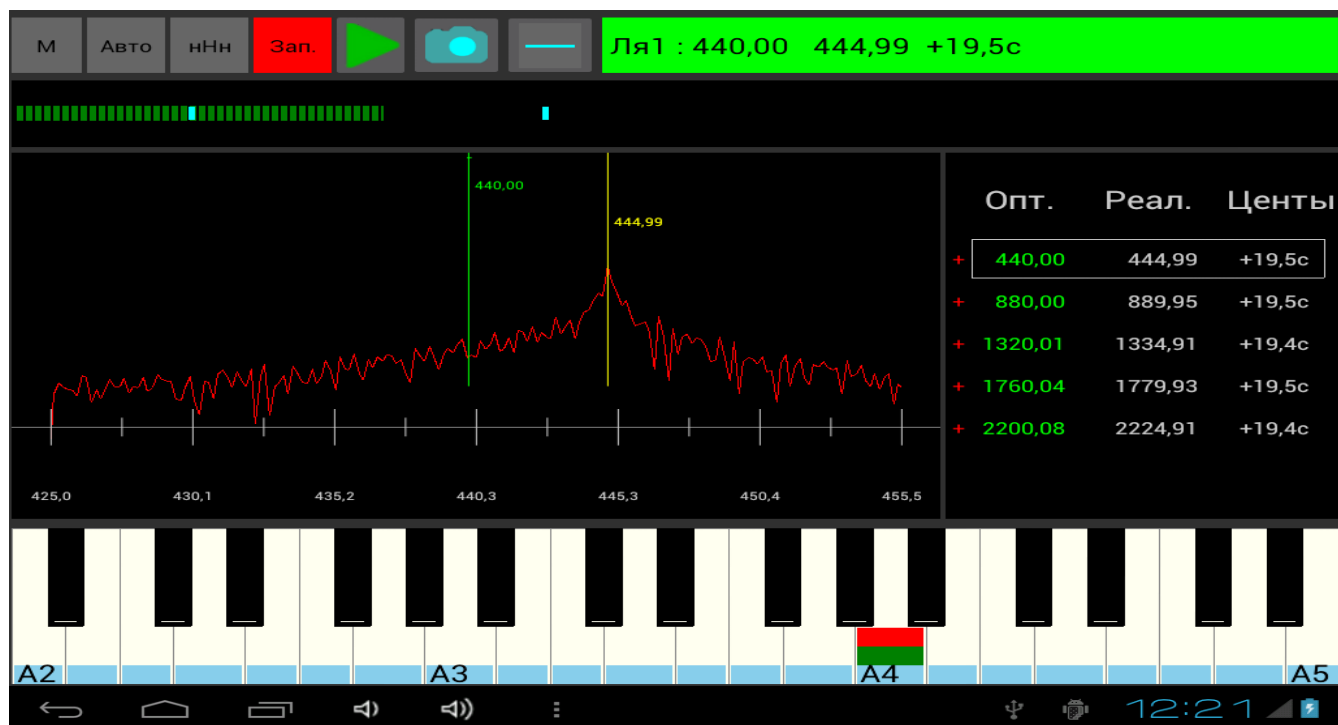
Цвет фона кнопки станет зеленым . Например, если текущая нота - **Ля1**, то можно ввести только ноты **Соль#1, Ля1 и Ля#1**. Другие ноты ввести не получится. Это бывает полезным также при вводе нот по краям **ЗТ**.


По окончании анализа, среди распознанных нот выбирается наилучшая и разрешается ее запись. **Запись ноты в память программы в режиме “Авто” осуществляется автоматически по окончании анализа ноты.**

## Особенности ввода в ручном режиме

Если кнопка “Авто” выключена, то есть установлен ручной режим, поиск ноты в спектре ограничен только участком спектра текущей ноты. Процесс распознавания ноты начинается почти сразу после того, как текущий уровень сигнала превысит **MINs**. Но только в случае совпадения текущей ноты и распознанной во входном сигнале, нота считается допустимой и разрешается ее запись. Фон информационной панели с наименованием ноты становится ярко-зеленым. С этого момента

можно записывать ноту. Запись происходит по нажатию кнопки  (Стоп). Момент нажатия определяется самим настройщиком.




На рисунке видно, что в ручном режиме была введена нота **Ля1** с частотой 1-й гармоники  $\sim 445$ Гц. Эта нота была распознана (фон панели с именем ноты ярко-зеленый) до превышения уровня входного сигнала соответствующего положению правого маркера **MAXs** в окне уровня входного сигнала. А само нажатие на кнопку  (**Стоп**) было сделано до того, как уровень входного сигнала понизится ниже уровня левого маркера **MINs**.

Если сохранение ноты прошло нормально, то выдается короткий звуковой сигнал. Проверить какие ноты были сохранены можно в подокне виртуальной клавиатуры.

### Ограничения, связанные с линией отсечки шумов

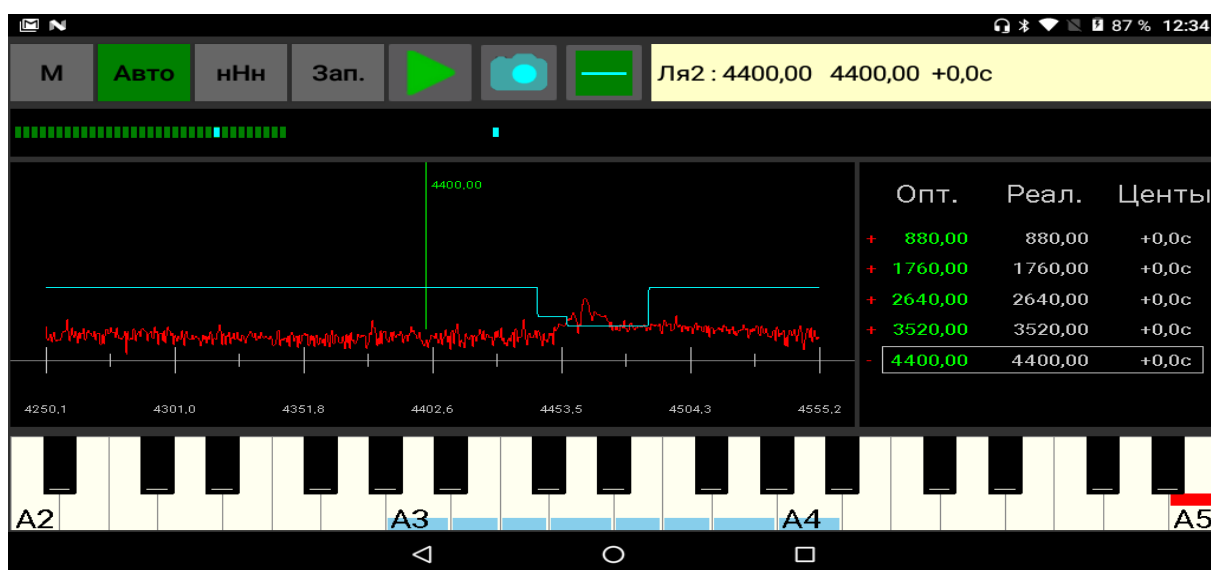
При вводе сигнала для записи **важно** чтобы все гармоники, имели амплитуду выше линии отсечки (**ЛО**) уровня шумов - голубая линия в окне спектра. Если какая-нибудь из пяти гармоник будет "лежать ниже" - нота не будет распознана. Поэтому, если нота не распознается, то нужно проверить все ли гармоники лежат выше **ЛО**.

Включение/выключение отображения **ЛО** делается нажатием кнопки  (Фон кнопки в нажатом состоянии - зеленый). При включенном отображении **ЛО** допускается корректировка небольших участков **ЛО** нажатием и последующим движением. Сдвиг вверх или вниз всей **ЛО** делается коротким нажатием в правой или левой половине спектра соответственно. Сброс **ЛО** осуществляется опцией меню "Сброс линии отсечки". Включение отображения **ЛО** блокирует изменение масштаба спектра или его сдвиги.

## Что делать, если нажатая нота не распознается

Проверить:

- В режиме “Авто” превышение уровня входного сигнала в момент нажатия клавиши фортепиано уровня **MAXs**. Если увеличение силы удара по клавише или изменение уровня сигнала в системных настройках не дает эффекта, то можно изменить положение маркера **MAXs** в окне уровня сигнала **захватом и движением этого маркера влево-вправо**.
- Завершение ввода ноты происходит, когда уровень входного сигнала становится меньше **MINs**. Если в режиме тишины, уровень сигнала превышает **MINs**, то следует уменьшить его в системных настройках.
- Проверить все ли гармоники в спектре лежат выше линии отсечки шумов(**ЛО**). В правом миниокне таблицы гармоник (для конфигурации **H**) в каждой строке слева высвечивается знак плюс или минус, в зависимости от того лежит ли эта гармоника выше или ниже **ЛО**. Если какая-то из гармоник лежит ниже - измените вид **ЛО** для этой гармоники так, чтобы пик гармоники оказался выше **ЛО**.



На рисунке показана корректировка **ЛО** для 5-й гармоники ноты Ля2. Так как амплитуда 5-й гармоники практически совпадает с **ЛО**, то для стабильного распознавания этой ноты, фрагмент **ЛО** в этом месте несколько опустили.

Иногда, для анализа спектра удобно использовать опцию меню “**Удержание пиков**”. Затем, после того как разобрались с проблемными гармониками, “**Удержание пиков**” нужно выключить.

- Если в режиме “Авто” не удастся ввести некоторую ноту, то можно попробовать ввести ее в ручном режиме. В ручном режиме для распознавания ноты не требуется превышение уровня **MAXs** – достаточно, чтобы уровень превысил значение **MINs**. Но запись ноты в этом случае происходит по нажатию кнопки “**Стоп**”.
- Рекомендуется также после завершения ввода нот зоны температуры, проверить в окне негармоничностей (вызывается из меню) не выбивается ли ну уж слишком какая-нибудь из нот из общего ряда. Тогда нужно повторить ввод и запись этой ноты.



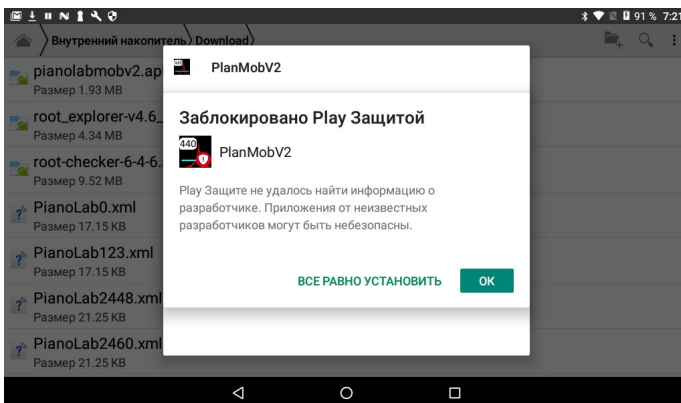
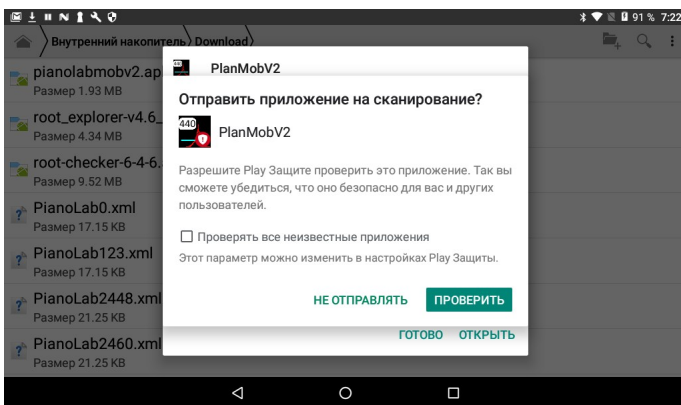
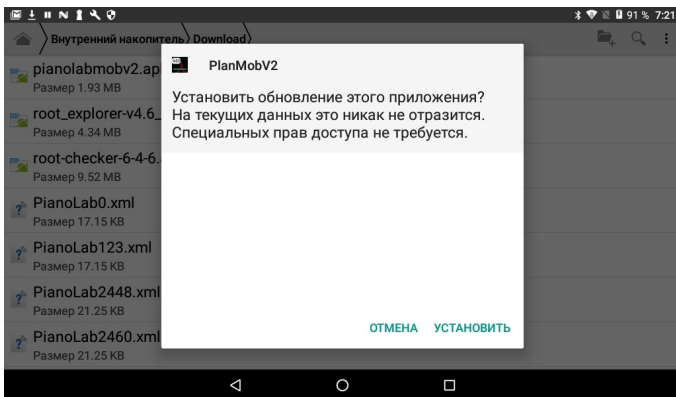
## Сброс нот

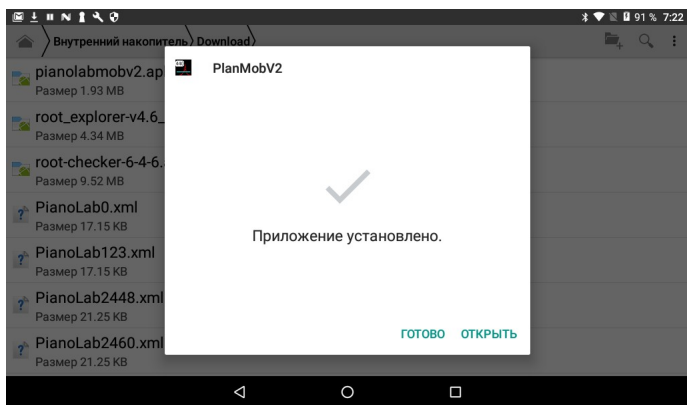
Если вы обнаружили, что какая-то нота ввелась неправильно, то ее можно сбросить(проинициализировать), установив с клавиатуры программы эту ноту и выбрав опцию меню “Сброс текущей ноты”.

Сброс (инициализация всего звукоряда) – через меню “Сброс всех нот”. Это действие требует подтверждения, так как при утвердительном ответе **будет потеряна вся введенная информация**.

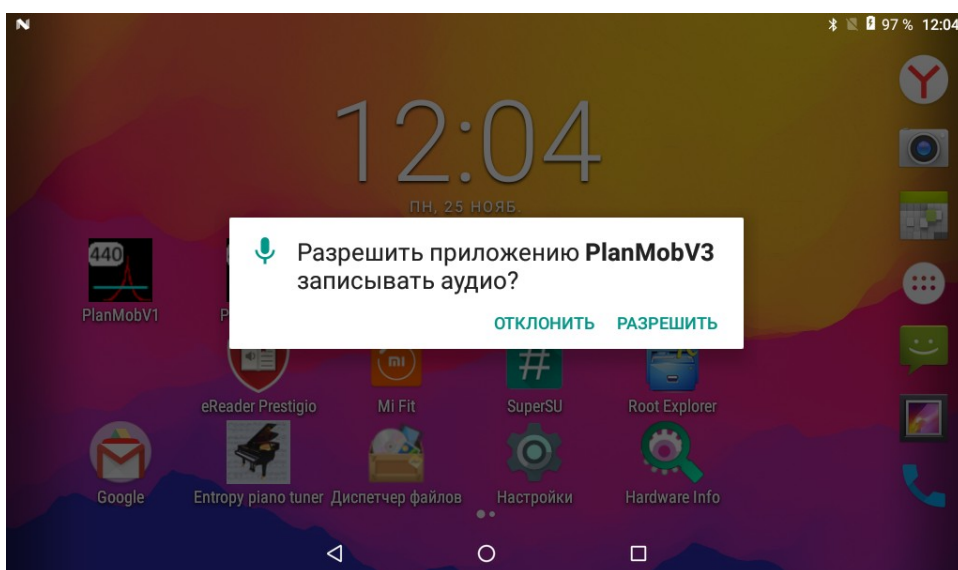
# Приложение 1.

## Предупреждения при установке программы.

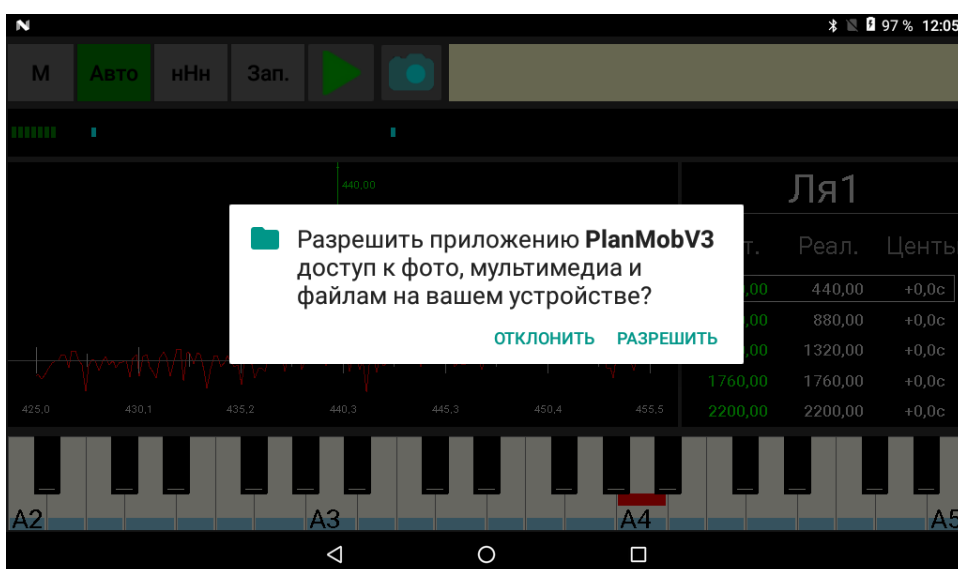




Соглашаемся во всех этих случаях. После установки и запуска программы могут появиться еще предупреждения на запись аудио :



и работу с файлами :



Здесь также разрешаем запись и работу с файлами.

# Приложение 2.

## Некоторые понятия, используемые в программе

**Частота дискретизации ( $F_s$ )** – частота взятия отсчетов непрерывного во времени сигнала при его оцифровке. Чем выше **частота дискретизации**, тем более широкий спектр входного сигнала может быть представлен в дискретном сигнале. Например, при **частоте дискретизации** равной 22050 Гц спектр представлен от 0 до 22050/2 Гц. **Частота дискретизации** в PianoLabM может быть установлена равной 8000, 16000, 11025, 22050 и 44100 Гц.

**Быстрое преобразование Фурье (FFT)**. Алгоритм перевода сигнала из области «время-амплитуда» в область «частота-амплитуда».

**Величина блока анализа FFT (FFTsize)**. Этот параметр определяет количество спектральных линий на один период, генерируемых алгоритмом FFT – т.е. точность **спектрограммы**.

**Спектральное разрешение ( $S_{res}$ )** – частотное разрешение каждой спектральной линии. Оно равно  $F_s/FFTsize$ . Например, если **FFTsize** равен 128k(131072) и  $F_s$  равно 22050 Гц, то  $S_{res}$  равно  $22050 / 131072 = 0.17$  Гц. Очевидно, что увеличение **FFTsize** повышает **Sres**, но также и увеличивает требования к времени, необходимому для осуществления вычислений.

**Временное разрешение (Time Resolution)** – определяет длину одного периода в сек. алгоритма FFT при заданных  $F_s$  и **FFTsize**. Временное разрешение – величина, обратная спектральному разрешению. Например, если **FFTsize** равен 128k и частота дискретизации составляет 22050 Гц, то временное разрешение равно 5.94 сек.

Таким образом, **спектральное** и **временное разрешение** обратно пропорциональны, т.е. улучшение одного параметра приводит к ухудшению другого. В целях улучшения интерактивности процесс снятия звука буферизуется. Это позволяет обновлять **спектрограмму** чаще, чем один раз за период, соответствующий **временному разрешению**.

**Децимация** – удаление части отсчетов из оцифрованного сигнала, что создает эффект уменьшения **частоты дискретизации**. **Децимация** используется, когда звуковая карта не поддерживает меньшую **частоту дискретизации**.

**Звукоряд фортепиано** - ноты звукоряда в программе нумеруются от 0 до 87, а октавы - от 0 до 7. Таким образом, ноты звукоряда в русской нотации изменяются от **Ля5** до **До5**, а в латинской от **A0** до **C8**.

**Коэффициент интервальный** – отношение частот полутона. В равномерно-темперированном строе – это постоянная величина, не зависящая от места в звукоряде и равна корню 12 степени из 2, приблизительно 1.05946. Так как количество полутонов в октаве равно 12, то соотношение частот в октаве точно равно 1:2.

**Базовая нота** – нота **Ля<sup>1</sup>**. В звукоряде программы имеет номер 48. Принято частотой **Ля<sup>1</sup>** считать 440 Гц. При запуске программы значения звукоряда инициализируются именно по частоте базовой ноты в соответствии с принципом равномерно-темперированного строя.

**Зона темперации** – в программе это последовательная (непрерывная) часть звукоряда фортепиано, которая настраивается в первую очередь. Для идеального инструмента отношение соседних частот равномерно темперированной зоны равно **интервальному коэффициенту**. В этом случае биения в квартах/квинтах, терциях/секстах подчиняются определенным закономерностям.

Для реального инструмента определяющим фактором в настройке зоны становится не отношение соседних частот, а именно сохранение поведения этих биений

**Инициализация звукоряда** – режим программы, при котором всем частотам звукоряда присваиваются вычисленные значения по **базовой ноте**  $Ля^1$  и **интервальному коэффициенту** без учета негармоничности струн, т.е. первые гармоники звукоряда (основные тона) вычисляются умножением или делением частоты **базовой ноты** на **интервальный коэффициент**, а остальные гармоники берутся кратными основному тону.

**Кривая Рейлсбека** – кривая, определяющая величины и характер отклонений частот звукоряда конкретного инструмента от частот звукоряда «идеального» инструмента (рассчитываемых математически), где каждый последующий полутон отличается от предыдущего его умножением или делением на **интервальный коэффициент** и **гармоники** считаются идеальными. На оси **X** кривой Рейлсбека размещаются ноты, на оси **Y** – отклонения в центах. При отсутствии отклонений кривая Рейлсбека приобретает вид горизонтальной прямой.

**Оптимальный план настройки** – набор всех нот **зоны температуры** (со своими гармониками), вычисленных программой по определенным критериям для конкретного музыкального инструмента.

**Частота биений** – абсолютная величина разности частот складываемых колебаний.

**Цент** – одна сотая часть полутона. Цент - единица логарифмическая: так, один цент в области  $Ля^1$  равен примерно 0.26 Гц, а в области  $Ля^m$  - уже 0.13 Гц.

**Линия отсечки** – формируется в программе автоматически и используется для отделения полезного сигнала от шумов. Сразу после запуска программы или после сброса этой линии, имеет вид прямой. Возможно локальное изменение линии отсечки для того, чтобы исключить из анализа ноты определенные участки спектра.

## Гармоники

В программе одним из основных понятий является понятие **гармоники**.

**Гармоника** – любое сложное колебание можно представить в виде суммы простейших *синусоидальных* колебаний, имеющих строго определенные частоты, амплитуды и фазы (преобразование Фурье). Эти простейшие колебания называют собственными частотами. Обертоном называется любая собственная частота выше первой, самой низкой (**основной тон**), а те обертоны, частоты которых относятся к частоте основного тона как **целые числа**, называются **гармониками**, причем основной тон считается первой **гармоникой**. Так как, в реальном инструменте значения частот **гармоник** могут отличаться от теоретических, то будем различать теоретические(идеальные), реальные и расчетные гармоники:

- **Гармоника идеальная** – гармоника, частота которой, получена умножением или делением частоты **базовой ноты** на **интервальный коэффициент**.
- **Гармоника реальная** – гармоника ноты, записанной в программу с микрофона при нажатии клавиши реального фортепиано. Ищется в спектре как локальный максимум в окрестности теоретической гармоники для данной ноты. Частота реальной гармоники до записи совпадает с идеальной.
- **Гармоника расчетная(оптимальная)** – гармоника, частота которой вычислена в программе по определенным правилам с учетом негармоничности струн.

Важность понятия **гармоники** в программе объясняется тем, что звуковой сигнал нажатой клавиши фортепиано, представляющий из себя как раз сложное колебание, преобразуется в

сумму простейших *синусоидальных* колебаний т.е. спектр сигнала. Затем в спектре выделяются гармоники, которые и используются для распознавания ноты.

### Маркеры расчетных и реальных гармоник

- **Маркер расчетной(оптимальной) гармоники** – вертикальная прямая на графике спектра с координатой по оси частот, равной частоте **расчетной гармоники**. По умолчанию высвечивается ярко - зеленым цветом.
- **Маркер реальной гармоники** – вертикальная прямая на графике спектра с координатой по оси частот, равной частоте **реальной гармоники**. По умолчанию высвечивается желтым цветом.

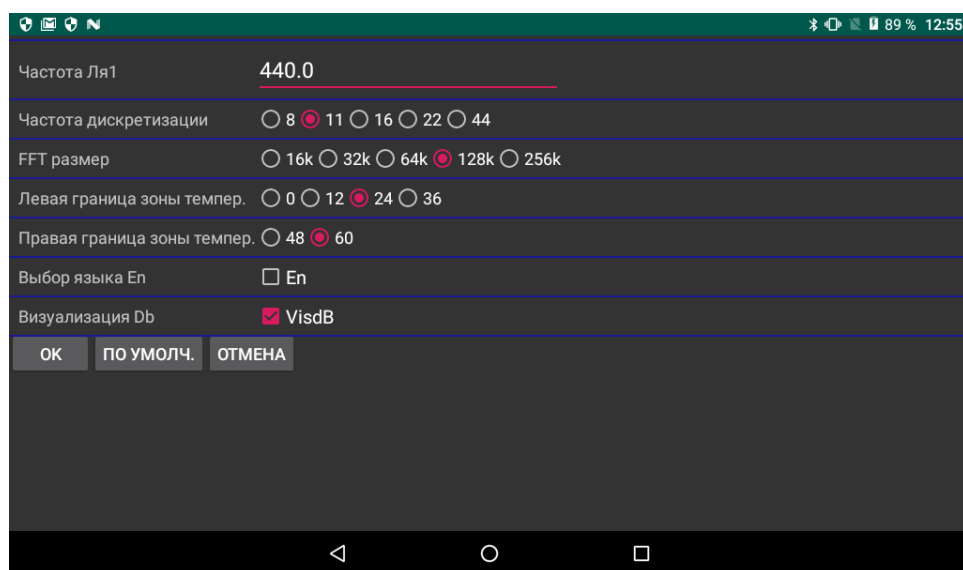
Для всех **расчетных гармоник** текущей ноты, в окне спектра высвечиваются **маркеры расчетных гармоник**. На начальном этапе – до запуска модуля нахождения оптимального решения, маркеры **расчетных гармоник** в точности совпадают со значениями частот инициализированного звукоряда, то есть со значениями идеальных гармоник. **Затем положение этих маркеров может меняться в зависимости от результатов поиска оптимального решения.**

**Маркеры расчетных гармоник** высвечиваются всегда, а **маркеры реальных гармоник** только, если нота распознана и признана допустимой, в том смысле что в спектре есть гармоники, попадающие в окрестности идеальных гармоник текущей ноты и амплитуды всех гармоник, **лежат выше линии отсечки**. Если нота распознана, то информационная панель с наименованием ноты становится ярко-зеленой и только в этом случае разрешается запись ноты в память компьютера.

## Приложение 3.

### Описание настроек.

Для изменения параметров настройки жмем кнопку вызова меню **М**, затем **Настройки** и выбираем что нам нужно корректировать:



- Частота базовой ноты **Ля<sup>1</sup>**;
- Параметры определяющие точность вычислений: частота дискретизации и **FFT** размер;

- Границы зоны температуры;
- Фиксация английского языка интерфейса;
- Флажок визуализации шкалы амплитуд спектра в **dB**;

Параметры, установленные по умолчанию, рекомендованы для начального этапа использования (освоения) программы, так как обеспечивают приемлемое соотношение между качеством обработки входного сигнала и требованиями к мощности процессора компьютера.

- 1 Частота базовой ноты **Ля<sup>1</sup>** – по умолчанию равна **440Гц**.
- 2 Частота дискретизации. По умолчанию – **11025**, что соответствует максимальной частоте анализируемого сигнала – 5400 Гц (Нота До<sup>3</sup> с 5-ю гармониками). Если нужно настраивать более высокие ноты, то надо увеличивать частоту дискретизации. Выбор частоты дискретизации в программе ограничен стандартными значениями – 8000, 11025, 16000, 22050 и 44100.
- 3 Величина блока анализа FFT. По умолчанию **131072(128к)**. При частоте дискретизации равной **11025** и величине блока анализа FFT = **128к** спектральное разрешение равно **0.08** Гц. Это примерно соответствует одному биению за 11 сек. Если такой точности не хватает, то ее можно увеличить, либо уменьшая частоту дискретизации, либо увеличивая Величину блока **FFT**.