

**SAE Institute**  
in association with  
**University of Middlesex**

**Bachelorarbeit**

**Module Number:** RA 303

**Date Submitted:** 27.03.2009

**Award Name:** Bachelor of Arts (Hons.) Recording Arts

**Year:** 2007 / 2009

**Name:** Sebastian Salb

**City:** Berlin

**Module Leader:** Peter Duhr

**Word Count:** 13206 words

**Сравнительный анализ технических и тональных аспектов микрофонов  
Soundman ОКМ II Studio Classic и Neumann Art Head KU 81i**

**Утверждение:**

Компания Soundman заявляет свои продукты, как недорогие мобильные решения для ведения головной стереофонической записи. Несмотря на существенные технические различия между микрофонами Soundman ОКМ и Neumann Art Head, аудиофилы не слышат разницы между записями, сделанными с помощью этих микрофонов, и даже профессиональные звукооператоры не всегда способны определить, в каких именно из сравниваемых записей использовался микрофон Neumann Art Head.

**Цель:**

На звуковых примерах будет показано, что аудиофилы-любители не слышат разницы между записями, сделанными с микрофонов Neumann Art Head KU 81i и Soundman ОКМ II Studio Classic, и даже звукооператоры испытывают трудности с определением высококачественного микрофона Neumann Art Head в непосредственном сравнении. Прочие эксперименты будут проведены с обоими микрофонами для того, чтобы сравнить и выделить технические аспекты оборудования: такие как, например, частотная характеристика или коэффициент искажений.

**Введение:**

Если утверждение окажется верным, микрофоны Soundman ОКМ могут быть интересны средним потребителям, к примеру, для записи концерта простыми средствами. Используя микрофоны ОКМ, можно добиться эффекта присутствия, прослушивая сделанные с их помощью записи в наушниках. В настоящее время, когда большое количество музыки прослушивается через наушники, техника бинауральной записи может стать чрезвычайно востребованной.

Также для звукооператоров микрофоны ОКМ могут стать гибкой и быстро применимой альтернативой, когда не имеется достаточного количества времени для установки головы-

манекена или подобной звукозаписывающей системы. В этой работе предпринимается попытка установить, действительно ли микрофоны Soundman ОКМ могут предложить схожее качество в прямом сравнении с высококачественным микрофоном Neumann Art Head.

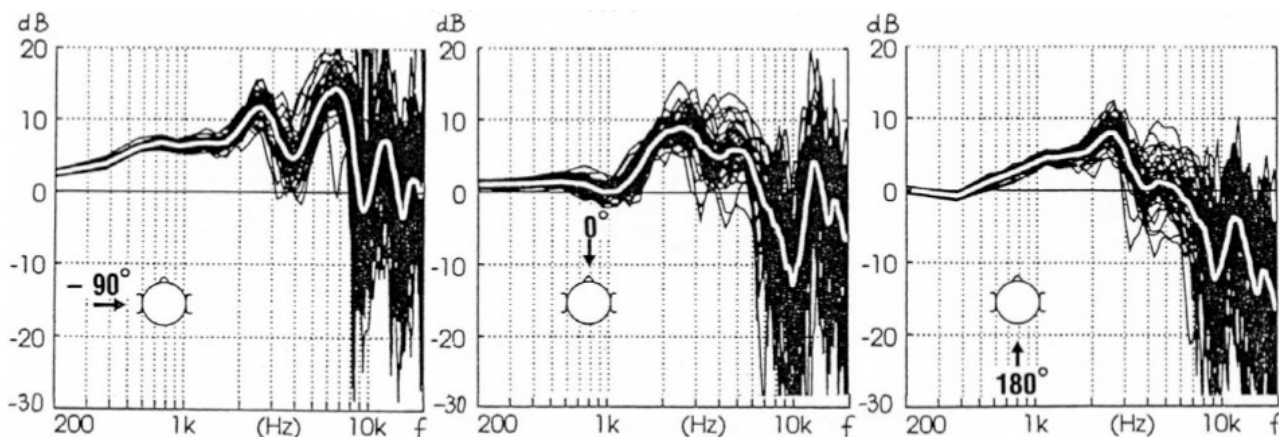
### Бинауральные сигналы:

Бинауральные записи, сделанные с использованием головы-манекена или микрофонов ОКМ, являются так называемыми ушными сигналами: стерео сигналами, попадающими на барабанные перепонки после того, как они подверглись различным искажениям. Такие изменения сигнала вносятся, среди прочего, формой наших ушей, отражениями звуковых волн и пространственными свойствами. Для оптимального воспроизведения записей должны использоваться наушники, поскольку иначе в течение передачи сигнала новые изменения будут вноситься телом человека и окружающей средой. Профессиональным термином, описывающим ушные сигналы, является бинауральная передаточная функция головы (Head Related Transfer Function (HRTF)). Этой функцией [...] описывается передача звуковых волн из определенной точки в свободном поле к их попаданию под определенным углом в ушной канал.

Проще говоря, бинауральная передаточная функция головы ( $H(f)$ ) описывает разницу между частотным спектром, которым обладает сигнал в свободном поле (выход( $f$ )), и приходящим и обрабатываемым внутренним ухом (вход( $f$ )). Исходя из сказанного, выводится формула:  
 $H(f) = \text{выход}(f) / \text{вход}(f)$

### Головная стереофония:

Бинауральная передаточная функция головы и ее точное понимание применяются сегодня для создания бинауральных записей, разработки наушников и акустических измерений архитектурных сооружений, требующих акустической оптимизации. Также данная функция используется при разработке компьютерных игр для создания эффекта виртуальной реальности, позволяющего потребителю почувствовать себя в эпицентре происходящего. Сигнал от каждого акустического источника подвергается определенной фильтрации, вызванной строением нашей грудной клетки, головы и ушных раковин, в зависимости от направления его движения. Данные обрабатываются мозгом, который впоследствии определяет направление движения источника звука. Такая фильтрация может быть записана в виде передаточной функции. С информацией, которую несет функция, компьютерная программа способна обработать сигнал, как будто он движется в определенном направлении, просто складывая передаточную функцию со звуковым сигналом. В силу того, что любая ушная раковина немного отличается в строении и, соответственно, подвергает сигнал различным фильтрациям, на практике используется среднее значение функции. Следующие три диаграммы отображают различия в фильтрациях нескольких левых ушей. Черным цветом представлены фильтрации с углами падения в  $-90^\circ$ ,  $0^\circ$  и  $180^\circ$ . Среднее значение, используемое для передаточной функции, представлено жирной белой линией.



## **Характеристики головных стереофонических звуковых сигналов:**

Стереофонические звуковые сигналы позволяют слушателю испытать особое пространственное впечатление при прослушивании записи через наушники. Источники сигнала при этом могут быть размещены в любых точках пространства, и располагаться не только на фронтальной плоскости, но и сзади, равно как сверху или снизу. Панорама и акустическое окружение будут изменяться с поворотом головы (или иной звукозаписывающей системы). То есть слушатель не сможет повернуться на шум позади

него, так как шум будет всегда оставаться сзади. Поскольку записи уже сами по себе представляют ушные сигналы, при их воспроизведении в динамиках будет наблюдаться звуковое обесцвечивание, из-за того, что сигналы больше не будут размещены должным образом.

### **Сферы применения:**

Стереофонические записи создаются сегодня довольно редко. Частично это может происходить оттого, что стоимость микрофона Neumann Art Head невероятно высока. Еще одной причиной является и то, что количество слушателей будет ограниченным, поскольку сделанную запись будет невозможно проиграть не в наушниках, не потеряв при этом бинаурального эффекта. Несмотря на это, такой микрофон, как никакой другой, способен передать информацию о пространственности и направленности акустического источника, из-за чего может возникнуть несколько областей применения бинаурального микрофона:

- для ведения записи на концертах или записи в акустически сложных помещениях, например, соборах;
- в качестве измерительного микрофона для определения шумового воздействия в зонах ведения работ или городского трафика;
- в качестве измерительного микрофона для акустической оптимизации концертных или оперных залов;
- в качестве измерительного микрофона при проектировании внутренней селекторной связи и других передающих систем;
- в качестве измерительного микрофона при разработке наушников и т. п.;
- в качестве звукозаписывающей системы при производстве радиоспектаклей.

В настоящее время подобные бинауральные записи могут, без сомнения, стать востребованными, так как все большее количество людей прослушивает музыку в наушниках в общественных местах.

## **Сравнение двух звукозаписывающих систем с технической точки зрения:**

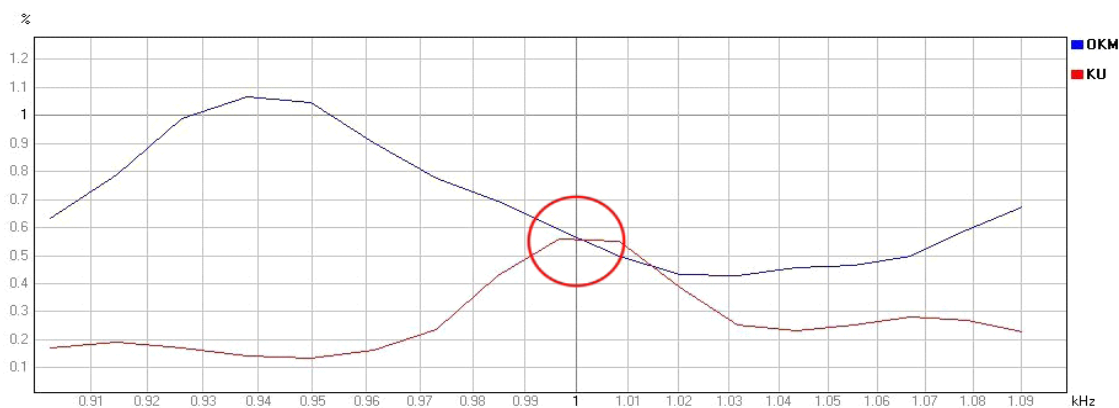
### **частотная характеристика в сравнении с измерительным микрофоном**

Как видно из технических данных, предоставленных производителями, микрофоны передают различные частотные диапазоны. Так, например, рабочий частотный диапазон микрофонов Soundman ОКМ составляет от 20 до 20000 Гц. Это более или менее соотносится с возможностями человеческого слуха. Микрофон Neumann Art Head, исходя из данных производителя, покрывает меньший диапазон: от 40 до 16000 Гц. Разница между левым и правым каналами у микрофонов ОКМ не более 1 дБ. В студийной версии этих микрофонов, которая и рассматривается в данной работе, разница между каналами не превышает 0,5 дБ, что в частотном диапазоне соотносимо с тем, что непосредственно слышится. В случае с микрофоном Neumann Art Head, подобных данных представлено не было. По всей

видимости, компанией Neumann также было уделено большое внимание вопросу канальной совместимости. Можно предположить и то, что при изготовлении данного микрофона применялись более качественные компоненты. Отношение сигнал/шум отмечает разницу мощностей полезного сигнала (ПС) и уровня шума (УШ).

Для субъективной оценки качества этот параметр критичен и высчитывается по следующей формуле:  $20 \cdot \log(\text{ПС}/\text{УШ})$ . У микрофона Art Head данное соотношение составляет 71 дБ, что примерно на 10 дБ выше отношения сигнал/шум микрофонов ОКМ. Данные соотношения помогают установить, что микрофон компании Neumann позволяет получить лучшую динамику (в частности, по отношению к тихим источникам) и, следовательно, также имеет меньший уровень собственного шума.

Уровни звукового давления представлены на диаграмме ниже вместе с максимально допустимым уровнем звукового давления, сопоставимым у обоих микрофонов и составляющим значение от 120 до 140 дБ, соблюдение которого производители гарантируют при определенных факторах искажения. Однако значение в 125 дБ было достигнуто электретными микрофонами ОКМ лишь с использованием адаптера АЗ. Эти данные подтвердились автором исследования, так как при выравнивании записанных сигналов микрофоны ОКМ без адаптера были подвержены искажениям значительно легче, чем микрофон Art Head. На низких частотах микрофон компании Neumann следует за измерительной кривой весьма точно. Микрофоны ОКМ показывают заметно большее количество басовых частот. На промежутке 200—1000 Гц кривые практически идентичны. Обе звукозаписывающие системы показаны в сравнении с измерительным микрофоном с пиком примерно в 1,5 КГц. Далее кривые более или менее соответствуют измерительному микрофону, хотя микрофоны ОКМ примерно на 3 КГц громче на слышимом человеческим ухом диапазоне частот (значимым для разборчивости речи). Также они показывают сильный завал в области 8 КГц, а Art Head отображают пики на 6 и 12 КГц. В конце частотного диапазона характеристика микрофона Art Head заваливается быстрее, чем у микрофонов ОКМ и измерительного микрофона.



## Критерий распределения участников опроса:

Участники данного опроса были распределены по категориям, в зависимости от их знания технологии бинауральной записи и принадлежности к аудио производству. Поскольку каталог вопросов был размещен на специальных форумах в интернете, возможно предположить, что опрашиваемые были квалифицированы в некоторых вопросах, касающихся данных технологий.

Вопросы участникам:

## **Каково ваше знание аудио технологий?**

34,72% продемонстрировали нулевые знания аудио технологий. Для 18,06% опрошиваемых, аудио производство являлось не более чем хобби, которым они занимались, время от времени. Такие "любители" составили примерно равное количество опрошенных по отношению к звукооператорам. 34,72% были обученными звукооператорами, еще не работавшими профессионально. В дополнение 12,5% опрошенных участников составили звукооператоры полной занятости. Исходя из этих данных, позже можно будет сделать выводы о тезисе данной работы. Знания акустики позволили распределить участников по группам. Первую группу составили профессиональные звукооператоры, вторую — обученные звукооператоры без опыта, третью — те, для кого аудио производство являлось хобби, четвертую — люди, не имевшие технических знаний в данной области.

## **Острота локализации (метроном)**

### **В какой записи вы находите пространственную локализацию более острой?**

Здесь 55,56% опрошенных нашли пространственную локализацию с микрофонов ОКМ более острой. 33,33% выбрали запись с Art Head, и 9,72% отметили одинаково хорошее качество. Лишь один из участников определил остроту локализации плохой в случае с обоими микрофонами. Оценка в пользу ОКМ исходила преимущественно от обученных звукооператоров и людей, не имевших технических знаний. Вместе они составили 72,5% участников, проголосовавших за микрофоны ОКМ. Люди, выбравшие Art Head, принадлежали различным группам и обладали различными техническими знаниями. Острота локализации не зависит от качества наушников, поэтому в тесте использовалось большое количество, как дешевых наушников, так и наушников в ценовом диапазоне 100—200 евро. Несмотря на это, полученные результаты удивляют, так как микрофоны ОКМ были надеты автором работы в течение записи, то есть звукозаписывающая система не представляла собой среднее значение бинауральной передаточной функции головы. В данной записи лучшие результаты были получены с использованием микрофонов ОКМ, чем с Art Head.

### **В какой из записей фоновый шум микрофонов сильнее?**

Здесь 90,28% участников отметили запись сделанную с помощью микрофонов ОКМ. Двое опрошенных проголосовали за одинаковые значения фонового шума в обеих записях. Один из опрошенных затруднился с ответом.

### **В какой из записей легче определяется пространственность?**

Чуть более половины опрошенных проголосовали за запись с микрофонов ОКМ. 30,56% выбрали запись с Art Head, 8,33% — оба варианта и 2,78% затруднились расслышать пространственность в записях. Шесть из девяти опрошенных первой группы (профессиональные звукооператоры) отметили запись с микрофонов ОКМ. Впрочем, нужно быть осторожными с данными результатами, так как каждый человек имеет различные особенности слуха.

### **Какая из записей понравилась вам больше?**

Здесь 59,72% выбрали запись с микрофона Art Head, хотя пространственное ощущение и острота локализация были оценены более положительно для записи с микрофонов ОКМ. Возможно, данный выбор произошел из-за того, что уровень шума микрофонов ОКМ раздражал большее количество опрошенных. Оставшиеся участники проголосовали за запись с микрофонов ОКМ.

## **Пространственное впечатление (атмосферность)**

### **В какой записи пространственное впечатление понравилось вам больше?**

59,72% выбрали записи с микрофонов ОКМ, с 13,89% — с Art Head. 23,61% нашли пространственное впечатление в обеих записях приблизительно одинаковым, и только двое посчитали его плохим в обоих случаях. Две трети первой и второй групп проголосовали за записи с ОКМ. Чуть меньшее количество в третьей и четвертой группах пришли к тем же выводам. Вторая половина четвертой группы отметила одинаковое пространственное впечатление в записях с обоими микрофонами. В данном тесте микрофоны ОКМ продемонстрировали очень хорошие результаты, поскольку большее количество профессиональных звукоинженеров выбрали именно их.

### **Какая из записей понравилась вам больше?**

В этом вопросе 70,83% выбрали запись с микрофонов ОКМ. Снова большее количество опрошенных участников субъективно проголосовало за более дешевые микрофоны. 77% первой группы, 80% второй, 69,2% третьей и 60% четвертой выбрали записи, сделанные с помощью ОКМ.

В какой из записей, на ваш взгляд, использовался микрофон Neumann Art Head?

Распределение среди ответов на этот вопрос также осталось идентичным. Лишь по одному человеку из первой и второй групп изменили свои предпочтения записи с микрофонов ОКМ на правильный ответ. Эти потрясающие результаты для микрофонов ОКМ говорят сами за себя.

## **Улучшенная разборчивость (запись а капелла)**

### **В какой из записей разборчивость лучше?**

В этом вопросе 44,44% выбрали запись с ОКМ, 34,72% — с Art Head, а оставшиеся участники отметили одинаковую разборчивость в случае с использованием обоих микрофонами. Предпочтения записи с ОКМ, скорее всего, были отданы исходя из частотных характеристик микрофонов, рассмотренных ранее и большему количеству частот, относящихся к передаче голоса, по сравнению с микрофоном компании Neumann. В первой, третьей и четвертой группах предпочтения распределялись поровну, либо опрошенные голосовали за обе записи. Только в случае с профессиональными звукооператорами наблюдалась тенденция в пользу микрофонов ОКМ.

### **Какая из записей нравится вам больше?**

Как следует из предыдущего вопроса, распределение ответов здесь осталось практически идентичным. Исключая двух участников, затруднившихся ответить, 50% проголосовали за запись с ОКМ, а 47,22% за запись с Art Head. Четкого распределения предпочтений в каждой из групп не наблюдалось.

## **Запись (рок-группа)**

### **Какая из записей, на ваш взгляд, требует меньшей дальнейшей обработки?**

76,39% опрошенных участников выбрали записи, сделанные с микрофонов ОКМ, 16,67% — с Art Head, а 6,94% за одинаковые результаты в отношении обеих записей. Интересно, что 66,7% профессиональных и 84% обученных звукооператоров выбрали записи с микрофонов ОКМ. Это серьезное утверждение в пользу микрофонов ОКМ. Похожее распределение предпочтений наблюдалось и в остальных группах.

### **Как вы находите пространственное расположение инструментов?**

36,11% описали запись с микрофона Art Head "звуковой кашей" без хорошего пространственного разделения. Почти половина первой и третьей, а также треть второй и четвертой групп посчитали также в отношении обеих записей. 20,83% отметили, что инструменты хорошо различимы (включая треть опрошенных из второй группы), а 43,06% смогли выделить каждый из инструментов в записях. В случае записей с микрофонов ОКМ, однако, лишь 6,94 % (включая одного опрошенного из первой группы), не нашли хорошего пространственного разделения. 65,28 % опрошенных посчитали, что инструменты хорошо различимы в обеих записях. Эти мнения разделились поровну между 66,7% опрошенных участников первой группы, 76% — второй, 69,2% — третьей и 52% — четвертой. 27,78% нашли некоторые инструменты лучше, чем другие, различимыми в пространстве. Результаты снова показывают превосходство дешевых микрофонов над Neumann Art Head.

### **Какой из инструментов пространственно более разборчив?**

Наиболее частый ответ здесь — гитары, поскольку они звучат в частотном диапазоне, определение которого в пространстве легче. Также наиболее знакомый по звучанию инструмент будет более разборчив в пространстве.

### **Какая из записей вновь нравится вам больше?**

#### **Субъективно лучшее качество записи (рок-группа)**

Снова подавляющее большинство проголосовало за запись с ОКМ. Только 18,06% против 80,56% опрошенных, выбравших запись с ОКМ, отметили запись с микрофона Art Head. Один из участников не голосовал. В первых трех группах оценка в пользу записи с микрофонов ОКМ в каждой из групп составляет около 84%. В четвертой группе почти две трети опрошенных выбрали записи с ОКМ.

#### **Как часто различия в записях определялись вами правильно?**

Результаты распределились поровну между двумя и тремя из четырех правильных ответов. 34,72% относятся к двум и 38,89% к трем правильным ответам. 11,11% ответили правильно только однажды, и 15,28% ответили во всех четырех случаях правильно. В первой группе количество правильных ответов распределилось поровну между двумя и четырьмя. Во второй группе, в среднем, было дано три правильных ответа. В менее профессиональных группах количество правильных ответов варьировалось от одного до двух.

### **Выводы:**

Проделанная работа принесла весьма неожиданные результаты. Было трудно представить, что микрофоны Soundman ОКМ смогут показать примерно те же результаты, что и Neumann Art Head, в сделанных записях. Как и большинство опрошенных, лично мне оказались предпочтительны результаты во втором и четвертом примерах, которые были записаны с помощью микрофонов ОКМ. Также любопытно, что субъективные предпочтения, как, например, по отношению к записи а капелла, сходятся в преимуществе микрофонов ОКМ, хотя в последующем вопросе ("Какая из записей сделана с микрофона Art Head?"), опрошенные часто отвечали правильно. Несмотря на то, что подавляющее большинство основывалось на субъективных предпочтениях, некоторые из участников опроса смогли безошибочно определить более дорогое оборудование. Касательно момента, затрагивающего проблему определения переднего и заднего фронта в записи, можно выявить некоторую закономерность. Опрошенные участники, знакомые с этой проблемой в записях с головы-манекена, способны чаще определять направленность источников звука, чем те, кто с этой проблемой не знаком. Это обусловлено не звукозаписывающим оборудованием, а тем, что слушателю, скорее необходим визуальный раздражитель, чтобы определить ситуацию правильно. Используя чисто записанные сигналы, сделать такое определение становится

значительно труднее, равно как и используя импульсные сигналы, о чем упоминалось ранее. **В тезисе работы предполагалось, что, несмотря на существенные технические различия между звукозаписывающими системами, аудиофилы не способны уловить разницу в записях с разных микрофонов, и даже профессиональные звукоинженеры не всегда способны дать правильный ответ, какая из звукозаписывающих систем использовалась в конкретной записи.** Как уже отмечалось, микрофон Neumann Art Head имеет лучшие технические показатели, чем микрофоны ОКМ, и материалы, из которых изготавливаются микрофоны компании Neumann, скорее всего, лучшего качества. Несмотря на это, как было установлено в четвертом пункте, обе системы имеют свои сильные и слабые стороны в областях частотной характеристики. Можно заключить, что микрофон Neumann Art Head KU81i — более качественный профессиональный микрофон, что становится очевидным еще из технических характеристик.

В пользу микрофонов Soundman ОКМ также говорит стоимость микрофона Neumann Art Head, составляющая примерно 6000 евро.

Мы благодарим Стефана Сальба (Stefan Salb) и всех, кто принял участие в данном исследовании. Если вы заинтересованы в подробностях наблюдений, научных и статистических данных, пожалуйста, свяжитесь с компанией Soundman.

Компания Soundman  
Рольф Рафф (Rolf Ruff)