

КРАТКИЕ  
СООБЩЕНИЯ

УДК 534.84

**АКУСТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ХРАМА ХРИСТА СПАСИТЕЛЯ  
В МОСКВЕ И ПРОБЛЕМА РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ  
В КРУПНЫХ ПРАВОСЛАВНЫХ СОБОРАХ**

© 2001 г. М. Ю. Ланэ, В. Н. Сухов\*

*Всероссийский научно-исследовательский институт телевидения и радиовещания  
123238 Москва, ул. 3-я Хорошевская 12  
E-mail: m\_lannie@mail.magelan.ru*

*\*Московский научно-исследовательский и проектный институт объектов культуры,  
отдыха, спорта и здравоохранения  
123056 Москва, ул. 2-я Брестская 28а*

Поступила в редакцию 27.11.2000 г.

В последние годы в России начался процесс строительства новых и реконструкции существующих церквей и соборов. Наиболее значимым событием здесь, несомненно, явилось завершение работ по воссозданию Храма Христа Спасителя (ХХС) в Москве. Это крупное здание может быть разделено на две части. Первая, стилобатная часть, представляет собой новое сооружение, в котором находится зал Церковных Соборов и Преображенская церковь объемом 8380 м<sup>3</sup>, акустике которой была посвящена отдельная публикация [1]. Вторая, верхняя часть включает в себя воссозданный ХХС, о котором ниже пойдет речь.

ХХС представляет собой крупный собор объемом 88400 м<sup>3</sup> с планом в форме равноконечного креста (рис. 1), каждая из четырех сторон которого имеет длину около 36 м. Центральная часть помещения перекрыта куполом высотой 71 м.

Истории и архитектуре собора посвящена обширная литература (например, [2]). Представление об объемно-планировочном решении дает компьютерная акустическая модель (рис. 2). При разработке проекта воссоздания собора перед специалистами-акустиками была поставлена задача найти решения, которые могли бы снизить время реверберации помещения до значений, обеспечивающих приемлемую разборчивость ре-

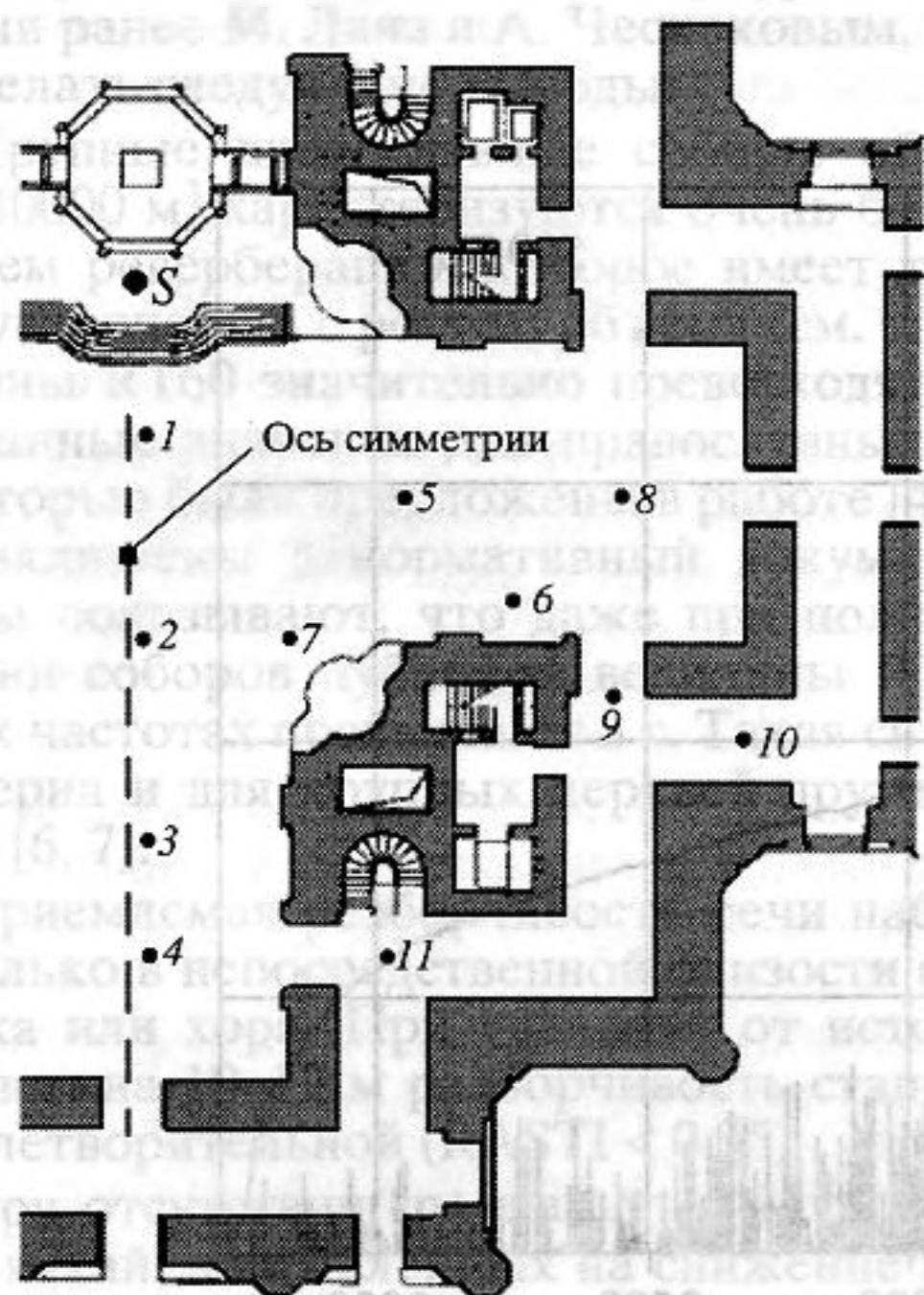


Рис. 1. Фрагмент плана собора с указанием точек размещения измерительного микрофона.

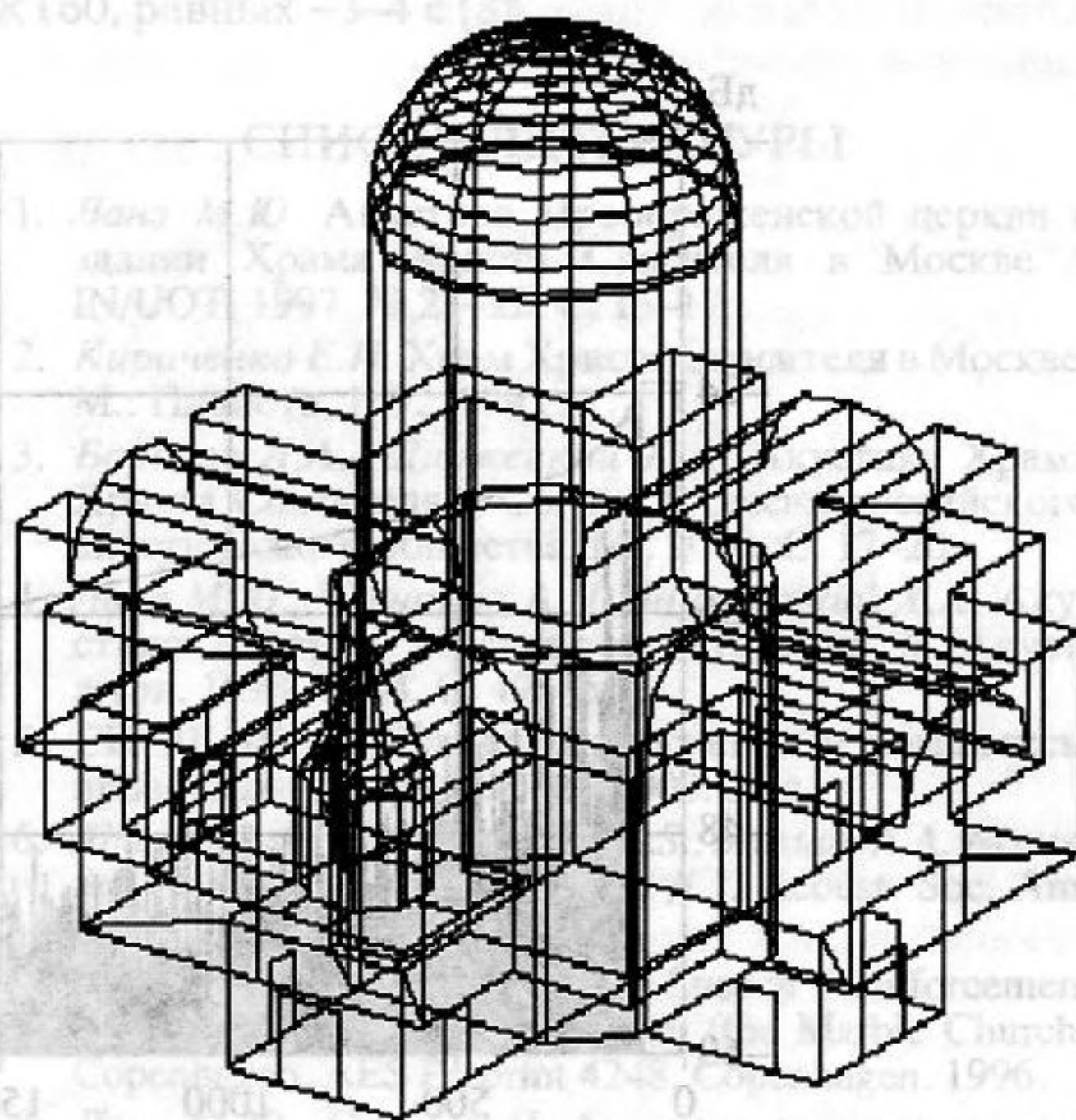


Рис. 2. Изометрия ХХС.

Таблица 1. Измеренные значения RASTI

| Номер точки размещения микрофона | Режим проведения измерений      |                                |
|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|                                  | Система звукоусиления выключена | Система звукоусиления включена |
| 1                                | 0.57                            | 0.44                           |
| 2                                | 0.26                            | 0.51                           |
| 3                                | 0.24                            | 0.49                           |
| 4                                | 0.24                            | 0.48                           |
| 5                                | 0.36                            | 0.44                           |
| 6                                | 0.26                            | 0.43                           |
| 7                                | 0.24                            | 0.47                           |
| 8                                | 0.24                            | 0.45                           |
| 9                                |                                 | 0.27                           |
| 10                               | Менее 0.20                      | 0.30                           |
| 11                               |                                 | 0.30                           |

чи. К сожалению, эта задача так и не была решена. Отделка поверхностей воссозданного помещения соответствует ранее разрушенному храму (каменный пол, облицовка нижних участков стен камнем, оштукатуренные и расписанные фресковой живописью поверхности стен, сводов и купола). Таким образом, ХХС следует рассматривать как типичный для русской архитектуры XIX в. пример крупного кафедрального собора, а не сооружения, в котором были бы использованы современные методы проектирования архитектурной акустики.

В посвященной акустике ХХС работе [3] представлены данные измерений лишь времени ре-

верберации (RT60), что представляется недостаточным для объективной оценки качества звучания в соборе. В настоящей работе ставилась цель определить разборчивость речи в ХХС. Измерения проводились в пустом помещении. Для определения разборчивости в естественном режиме применялась аппаратура фирмы Брюль и Кьер. Излучатель типа 4225, имитирующий человеческий голос, был установлен перед царскими вратами (точка S на рис. 1), а приемник типа 4419, с дисплея которого считывались значения RASTI, поочередно размещался в 11 точках собора, также показанных на рис. 1. Полученные после необходимого усреднения результаты приведены в левом столбце табл. 1.

Для определения разборчивости речи при работе системы звукоусиления перед излучателем типа 4225 устанавливался микрофон, сигнал с выхода которого поступал на вход пульта системы и после электрического усиления излучался акустическими системами. Всего в зале было установлено две акустические системы производства фирмы DURAN. Каждая из них представляла собой линейную группу активных излучателей. Уровни громкости сигнала соответствовали уровням, принимаемым при звукоусилении церковной службы. С использованием приемника типа 4419 измерения при этих условиях были выполнены в тех же 11 точках. Дополнительно к этому значения RASTI были измерены на тестовом сигнале в виде последовательностей максимальной длины (MLS), которые генерировались программой SIA SMAART PRO, инсталлированной в полной ее конфигурации на компьютере, который

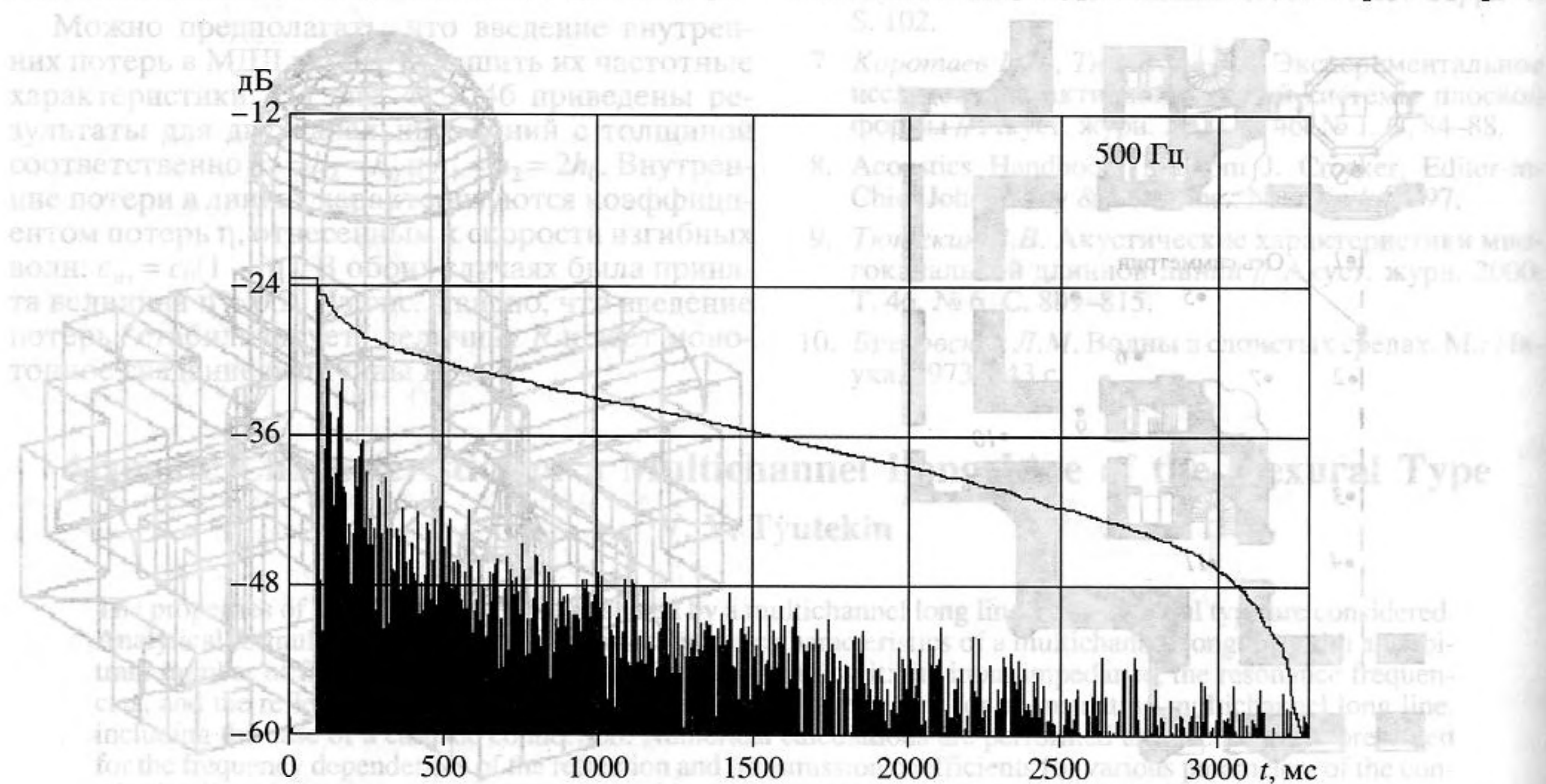


Рис. 3. Пример импульсного отклика помещения при размещении микрофона в точке M2. Октавная полоса 500 Гц.

**Таблица 2.** Значения времени реверберации в секундах, измеренные в пустых соборах

| № пп | Помещение  | Частоты октавных полос, Гц |     |     |      |      |      |
|------|--|----------------------------|-----|-----|------|------|------|
|      |  | 125                        | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| 1    | Верхняя церковь Храма Христа Спасителя ( $V = 88400 \text{ м}^3$ ) | 9.6                        | 9.1 | 8.7 | 8.3  | 7.2  | 4.2  |
| 2    | Исаакиевский собор ( $V = 75400 \text{ м}^3$ )                     | 8.3                        | 8.1 | 7.9 | 7.4  | 6.5  | 4.9  |
| 3    | Казанский собор ( $V = 40000 \text{ м}^3$ )                        | 6.7                        | 6.3 | 5.9 | 5.1  | 4.5  | 4.0  |
| 4    | Троицко-Измайловский собор ( $V = 52000 \text{ м}^3$ )             | 7.0                        | 6.6 | 5.9 | 5.0  | 4.5  | 3.5  |

использовался совместно с профессиональной (24 бит) звуковой картой VX rocket фирмы Digigram. Сигнал со звуковых выходов карты поступал на обе установленные в зале акустические системы. Измерительный микрофон поочередно размещался в тех же 11 точках зала, и сигнал с его выхода после усиления поступал на вход звуковой карты, после чего обрабатывался программой. В итоге вычислялись значения RASTI, основные акустические параметры помещения (RT60, C80, C50), а также структуры звуковых отражений. Следует отметить, что оба вышеуказанные метода измерения разборчивости при работе системы звукоусиления с учетом допустимой погрешности измерений привели практически к идентичным результатам, приведенным в правом столбце табл. 1. Средние по помещению значения RT60 приведены в графе 1 табл. 2. На рис. 3 показан характерный пример импульсного отклика собора.

Анализ полученных данных в сопоставлении с результатами акустических измерений трех наиболее крупных соборов С.-Петербурга, выполненными ранее М. Ланэ и А. Чесноковым, позволяет сделать следующие выводы:

1. Крупные православные соборы объемом более  $40000 \text{ м}^3$  характеризуются очень большим временем реверберации, которое имеет тенденцию к увеличению с ростом объема (см. табл. 2). Величины RT60 значительно превосходят рекомендованные значения для православных церквей, которые были предложены в работе [4] и позднее включены в нормативный документ [5]. Расчеты показывают, что даже при полном заполнении соборов публикой величины RT60 на средних частотах превышают 3 с. Такая ситуация характерна и для крупных церквей других конфессий [6, 7].

2. Приемлемая разборчивость речи наблюдается только в непосредственной близости от священника или хора. При удалении от источника более чем на 10–12 м разборчивость становится неудовлетворительной ( $RASTI < 0.35$ ).

3. При отсутствии специальных акустических мероприятий, направленных на снижение времени реверберации, приемлемая разборчивость речи может быть достигнута только путем применения тщательно спроектированных систем зву-

коусиления. Установленная в ХХС система является удачным примером использования остронаправленных в вертикальной плоскости акустических систем. Как следует из табл. 1, даже в пустом помещении она обеспечивает удовлетворительную разборчивость. Исключением является зона обходных галерей (точки 9–11 на рис. 1), озвучивание которой не было выполнено.

4. В ходе проектирования новых православных церквей представляется необходимым предусматривать известные из акустической практики мероприятия по снижению времени реверберации. Данное положение актуально не только для рассмотренных огромных соборов, но и для меньших церквей с объемом  $5000\text{--}12000 \text{ м}^3$  [4]. Исключением из этого правила могут быть некоторые, характерные для русской церковной архитектуры, объемно-планировочные решения. В частности, в шатровых церквях, когда размеры помещения в плане существенно меньше высоты, удовлетворительная разборчивость ( $RASTI > 0.5$ ) обеспечивается и при достаточно больших значениях RT60, равных  $\sim 3\text{--}4$  с [8].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланэ М.Ю. Акустика Преображенской церкви в здании Храма Христа Спасителя в Москве // *ИН/УОТ*. 1997. № 21–22. С. 13–17.
2. Кириченко Е.И. Храм Христа Спасителя в Москве. М.: Планета, 1992. 279 с.
3. Борисов Л.А., Щиржецкий Х.А. Акустика Храма Христа Спасителя // *Сб. тр. X сессии российского акустического общества*. М., 2000. С. 17–20.
4. Ланэ М.Ю., Чесноков А.Н., Щиржецкий Х.А. Акустика соборов Московского Кремля // *Акуст. журн.* 1998. Т. 44. С. 498–505.
5. СП 31-103-99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. М., 2000. 34 с.
6. Abdelazeez M.K., Hammad R.N.S., Mustafa A.A. Acoustics of King Abdullah Mosque // *J. Acoust. Soc. Am.* 1991. V. 90. P. 1441–1445.
7. Brummer J. New Distributed Speech Reinforcement System in the Frederik's Church (the Marble Church) Copenhagen. AES Preprint 4248. Copenhagen, 1996.
8. Ланэ М.Ю., Сухов В.Н. Акустика русских шатровых церквей. *Сб. тр. X сессии российского акустического общества*. М., 2000. С. 49–52.