

Проведено дослідження об'ємно-планувальних вирішень глядацьких залів з метою забезпечення оптимальних акустичних властивостей з точки зору геометричної акустики. Розроблене програмне забезпечення, що дозволяє будувати та перевіряти пропонувані звуковідбивні поверхні в САПР AutoCad

Ключові слова: акустичні властивості приміщень, геометрична теорія, програмне забезпечення, звуковідбивні поверхні

Проведены исследования объемно-планировочных решений зрительных залов с целью обеспечения оптимальных акустических свойств с точки зрения геометрической акустики. Разработано программное обеспечение, позволяющее строить и проверять предлагаемые звукоотражающие поверхности в САПР AutoCad

Ключевые слова: акустические свойства помещений, геометрическая теория, программное обеспечение, звукоотражающие поверхности

The researches of space-planning decisions auditoria to provide optimal acoustic properties in terms of geometrical acoustics. Developed software that allows you to build and verify the proposed sound-reflecting surface in CAD AutoCad

Keywords: acoustic properties of space, geometric theory, software, sound-reflecting surface

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЛА МЕТОДОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ

В. В. Усик

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра технологии и автоматизации производства
радиоэлектронных и электронно-вычислительных
средств

Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
Контактный тел.: (057) 702-14-86
E-mail: sergeev_usik@ukr.net

И. Г. Мягкий

Главный инженер
ООО «Мюзикленд»
ул. Лермонтовская, 15, г. Харьков, Украина, 61024
Контактный тел.: (057) 719-26-70
E-mail: office@musicland.kharkov.ua

1. Введение

Цель разработки – создание программного обеспечения, позволяющего получать оптимальные формы звукоотражающих поверхностей с использованием современных САПР, а также с целью проверки предлагаемых архитектурно-планировочных решений.

2. Геометрическая теория акустических процессов в помещении

Как известно, теория геометрической (лучевой) теории акустических процессов в помещении основывается на законах геометрической оптики [1-4]. Одним из достоинств лучевой теории является то, что по срав-

нению с волновой и статической теорией она учитывает форму помещения наиболее полно. Методы лучевой теории используются для анализа распределения ранних отражений от существующих поверхностей помещения, позволяют провести расчет геометрии профиля звукоотражателей, выявить благоприятные и неблагоприятные объемно-планировочные решения залов.

Основными положениями лучевой теории являются:

- угол отражения равен углу падения при отражении от зеркальных поверхностей;
- падающий и отражающий лучи лежат в одной плоскости (при размерах отражающих поверхностей много больше длины волны);
- характер отражений зависит от формы отражающих поверхностей (плоские, вогнутые или выпуклые);

- качество звучания зависит от направления и последовательности прихода запаздывающих звуков;
- для разборчивости существенно время запаздывания начальных отражений по отношению к моменту прихода прямого звука и относительно друг друга;
- размеры помещения (высота и ширина) не связаны с его вместимостью, а определяются структурой начальных отражений.

Важным параметром для акустических свойств зала является также материал, который выбран в качестве отделки стен и потолков помещения.

Так как основными формообразующими поверхностями залов являются стены и потолки, то авторами проводились расчеты профилей потолков и форм стен залов.

Построение лучевых картин первичных отражений без использования современных средств вычислительной техники является достаточно рутинной и трудоемкой задачей, не исключающей ошибочного решения. Исходя из этого, была поставлена задача создания программного обеспечения, совместимого с существующим САПР.

Разрабатываемое программное обеспечение позволяет автоматизировать получение геометрических отражений от профилей потолков, стен и других отражающих поверхностей зала.

3. Выбор среды разработки

Так как большинство архитектурно-планировочных решений предлагается в САПР типа AutoCad и Ar-ChiCad, то в качестве среды разработки программных модулей был выбран AutoCad (формат файлов - dwg, dxf). Выбор САПР AutoCad был также обусловлен наличием встроенного языка программирования AutoLisp и Visual Lisp.

4. Программное обеспечение

На языке AutoLisp были разработаны программные модули PointS и PointFlow, позволяющие строить лучевые картины первичных отражений в среде AutoCad.

Программный модуль PointS дает пользователю возможность получить отраженный от поверхности луч под углом, равным углу падения луча, исходящего из источника (рис. 1).

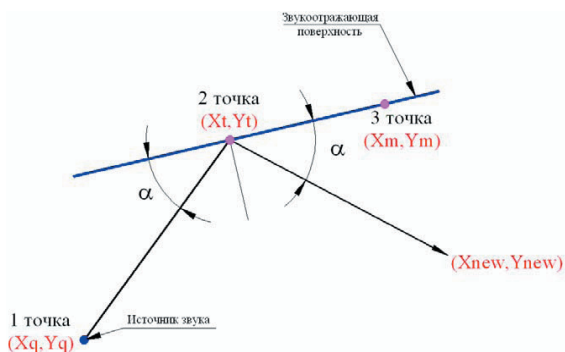


Рис. 1. Схема получения луча отражения от звукоотражающей поверхности

Исходными данными для расчетов являются координаты трех точек: координата источника звука и две точки, определяющие плоскость отражения поверхности. В результате выполнения модуля пользователь получает один или множество отрезков прямых, построенных под теми же углами, что и падающие от источника звука лучи.

Фрагмент текста разработанного программного модуля представлен на рис. 2.

```
(setq Xq(car XqYq))
(setq Yq(cadr XqYq))

(setq Xt(car XtYt))
(setq Yt(cadr XtYt))

(setq Xm(car XmYm))
(setq Ym(cadr XmYm))

(setq My(- yt yq))
(setq Mx(- xt xq))
(setq k1(/ My Mx))
(setq a1(/ (* (atan k1) 180) pi))

(setq My(- ym yt))
(setq Mx(- xm xt))
(setq k2(/ My Mx))
(setq a1(/ (* (atan k2) 180) pi))

(setq b(- a a1))
(setq gama(- b a1))
(setq gamaN(- 180 gama))
(setq My(sin (/ (* gamaN pi) 180)))
(setq Mx(cos (/ (* gamaN pi) 180)))
(setq TgG(/ My Mx))
```

Рис. 2. Фрагмент текста программного модуля PointS

Программный модуль PointFlow был разработан для решения «обратной» задачи: получения оптимального наклона звукоотражающей поверхности с целью обеспечения необходимого хода луча ранних отражений.

Исходными данными для модуля были координаты трех точек: источника звука, предполагаемого расположения звукоотражающей поверхности и точки, в которую должен попасть луч, отразившийся от поверхности. Результатом выполнения модуля является прямая, наклон которой обеспечивает требуемый ход лучей (рис. 3).

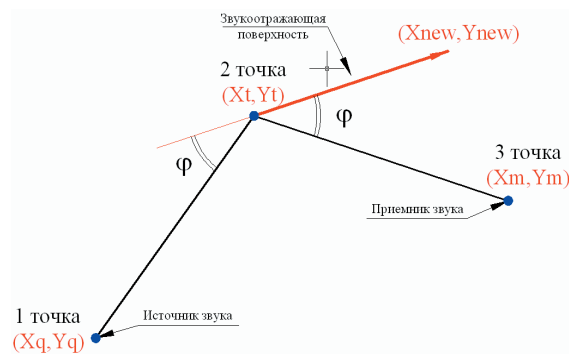


Рис. 3. Схема получения звукоотражающей поверхности

Фрагмент текста программного модуля PointFlow представлен на рис. 4.

```
(setq Xq(car XqYq))
(setq Yq(cadr XqYq))

(setq Xt(car XtYt))
(setq Yt(cadr XtYt))

(setq Xm(car XmYm))
(setq Ym(cadr XmYm))

(setq My(- yt yq))
(setq Mx(- xt xq))
(setq k1(/ My Mx))
(setq a1(/ (* (atan k1) 180) pi))

(setq My(- ym yt))
(setq Mx(- xm xt))
(setq k2(/ My Mx))
(setq a1(/ (* (atan k2) 180) pi))

(setq b(- a a1))
(setq gama(- b a1))
(setq gamaN(- 180 gama))
(setq gamaN(- 360 gama))
(setq My(sin (/ (* gamaN pi) 180)))
(setq Mx(cos (/ (* gamaN pi) 180)))
(setq TgG(/ My Mx))
```

Рис. 4. Фрагмент текста программного модуля PointFlow

Построение профилей звукоотражающих козырьков и потолков проводилось на чертежах продольных разрезов зрительных залов, а для построения профилей порталных стен и стен залов – поплановые чертежи.

5. Примеры построения профилей звукоотражающих поверхностей

Программные модули использовались для построения звукоотражающих поверхностей архитектурно-строительных решений профилей потолков и стен зрительных залов Донецкой торгово-промышленной палаты, при реконструкции здания филармонии в городе Луганске, Центра воспитательной работы со студентами ХНАГХ, Органного зала Харьковской областной филармонии, реконструкции здания кинотеатра “Полтава” в общественно-культурный центр “Листопад” в городе Полтаве, КПЦ Национальной Юридической Академии Украины им.Я.Мудрого. На рис. 5-15 представлены результаты работы программных модулей для некоторых из перечисленных объектов.

Донецкая торгово-промышленная палата (рис. 5, 6)

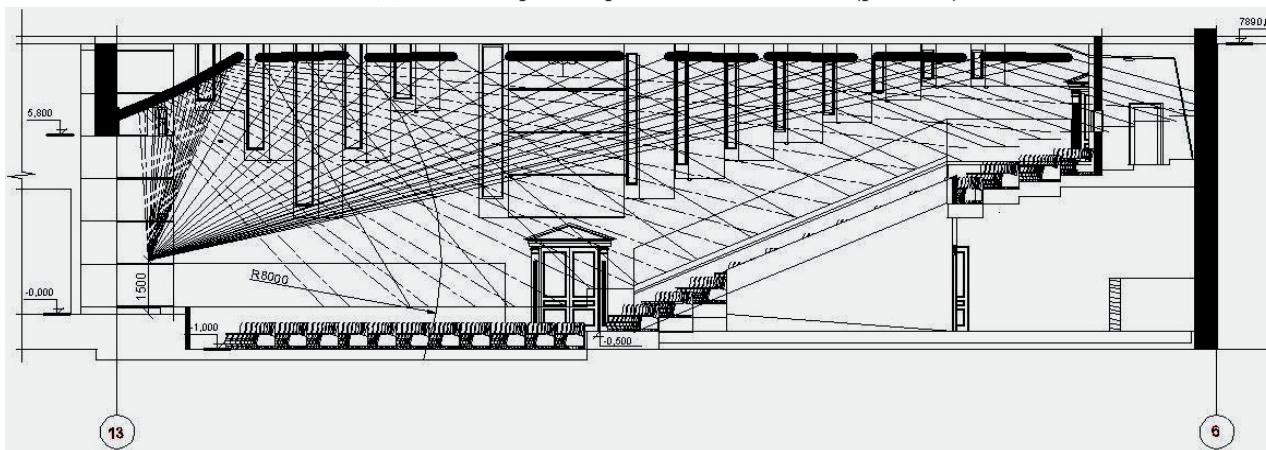


Рис. 5. Разрез зала с построением звуковых отражений (позиция № 1)

Предлагаемые конструктивные решения профилей потолков и стеновых панелей получены с помощью программного модуля PointFlow, а лучевые картины – с помощью программного модуля PointS.

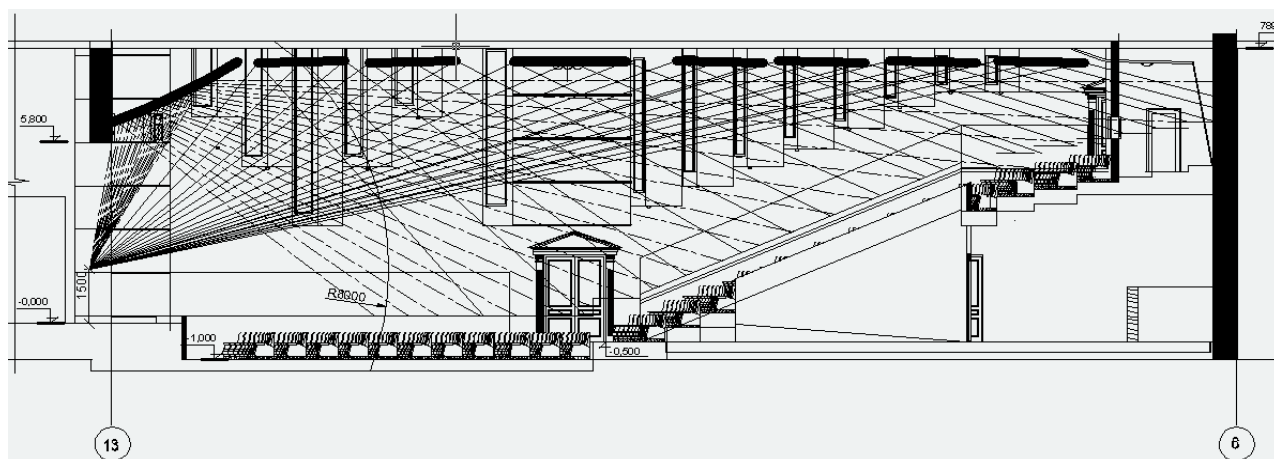


Рис. 6. Разрез зала с построением звуковых отражений (позиция № 2)

Реконструкции здания филармонии в г. Луганске (рис. 7 - 9)

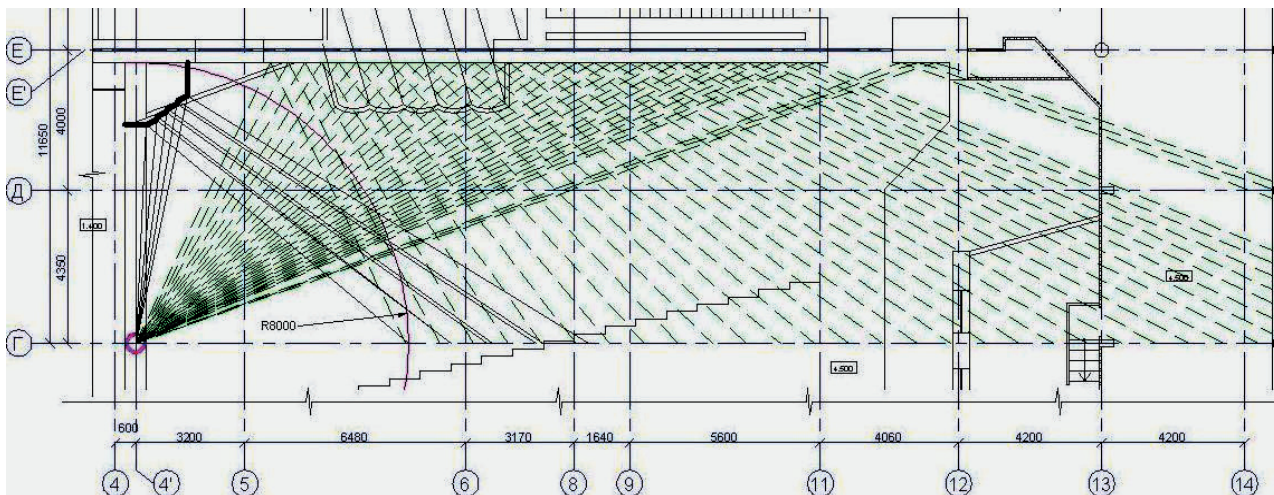


Рис. 7. План зала с построением звуковых отражений

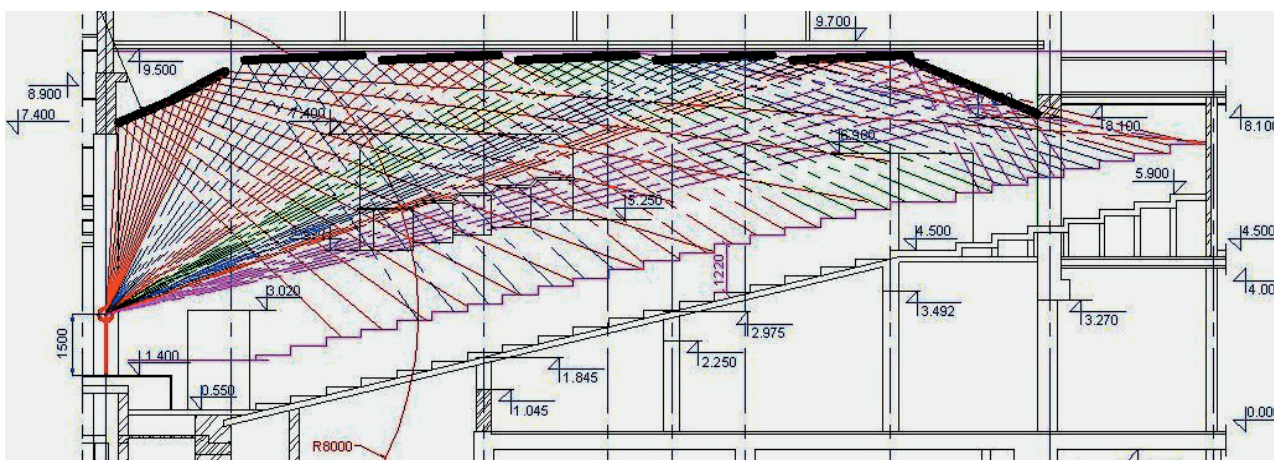


Рис. 8. Разрез зала с построением звуковых отражений

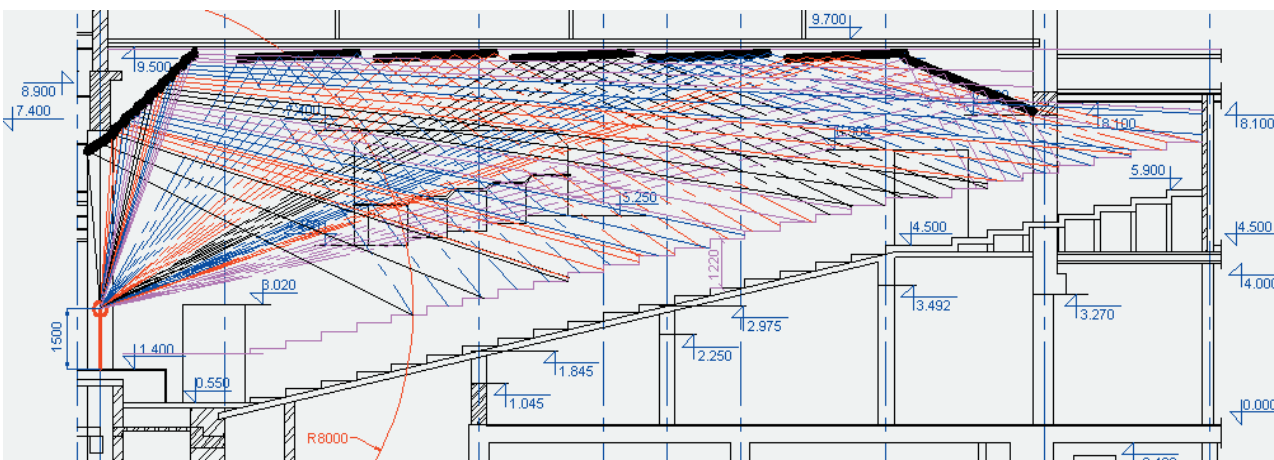


Рис. 9. Разрез зала с построением звуковых отражений

Центр воспитательной работы со студентами ХНАГХ (рис. 10 - 12)

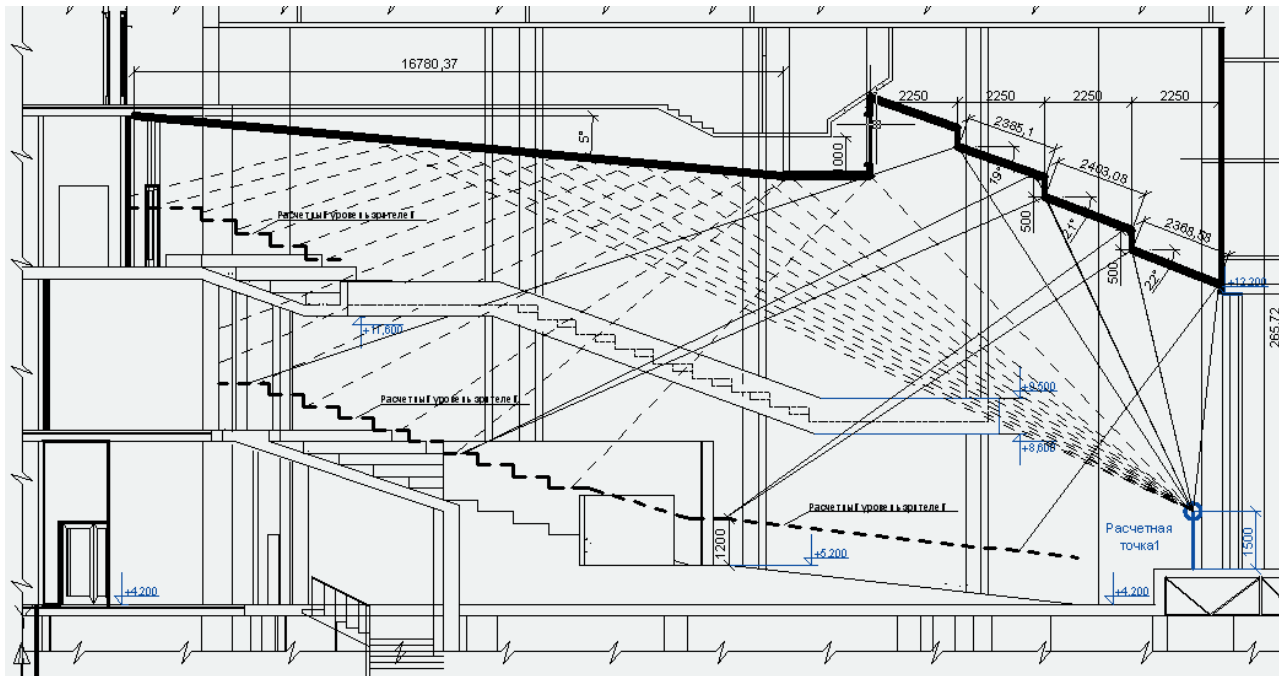


Рис. 10. Разрез зала с построением звуковых отражений

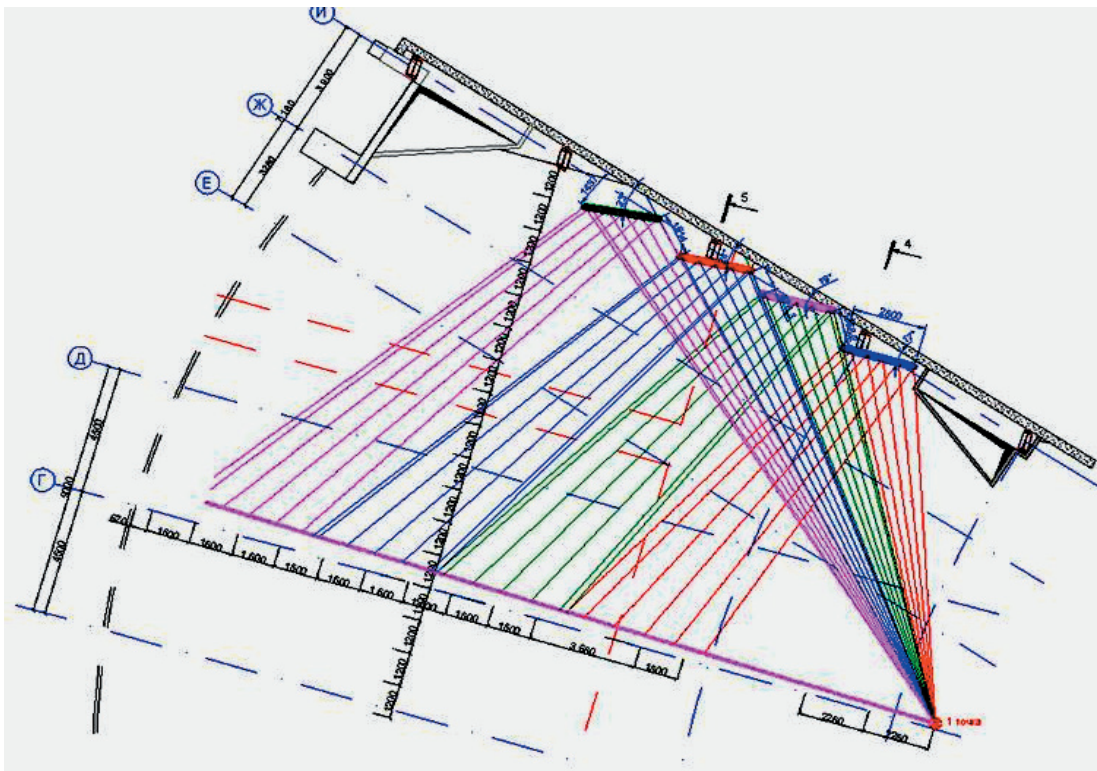


Рис. 11. План зала с построением звуковых отражений

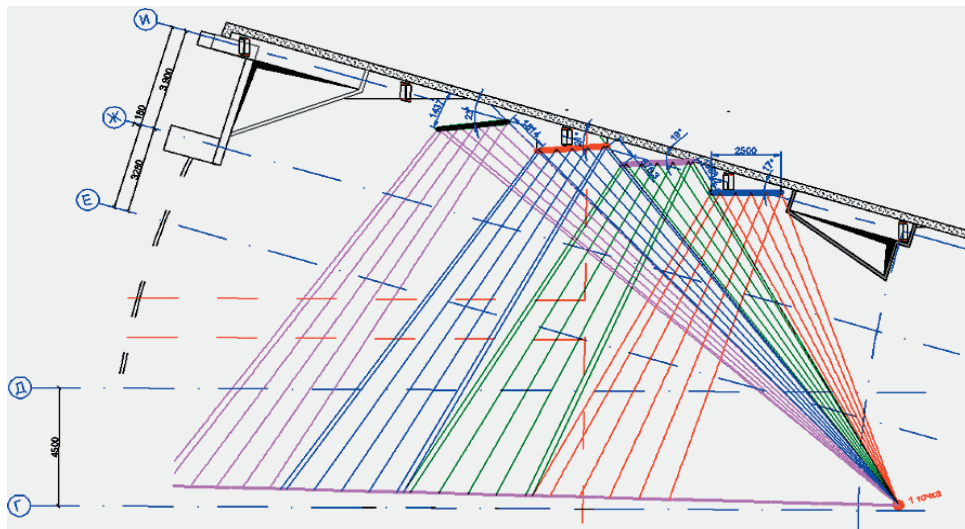


Рис. 12. План зала с построением звуковых отражений

Органный зал Харьковской областной филармонии (рис. 13 - 15)

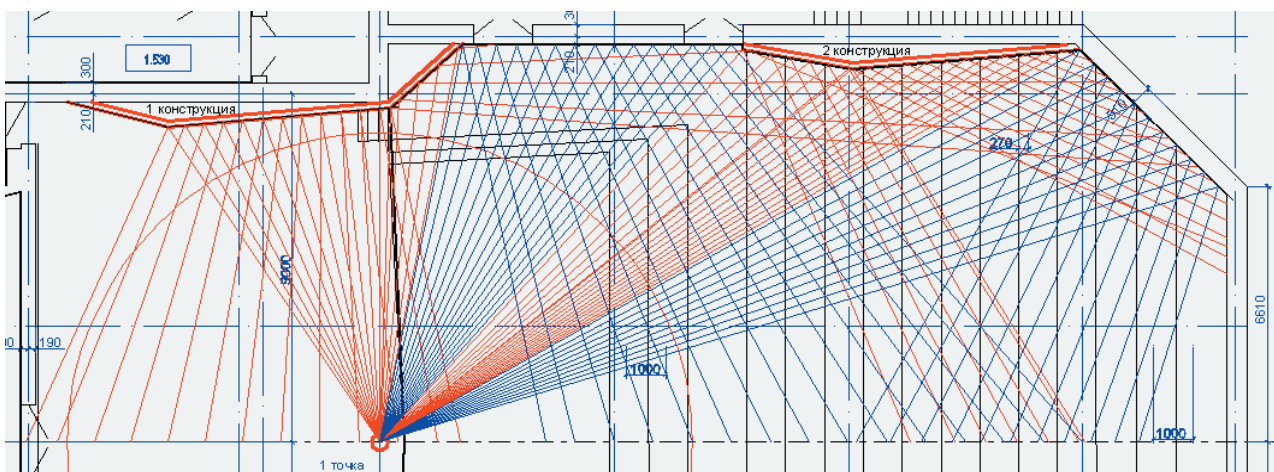


Рис. 13. План зала с построением звуковых отражений

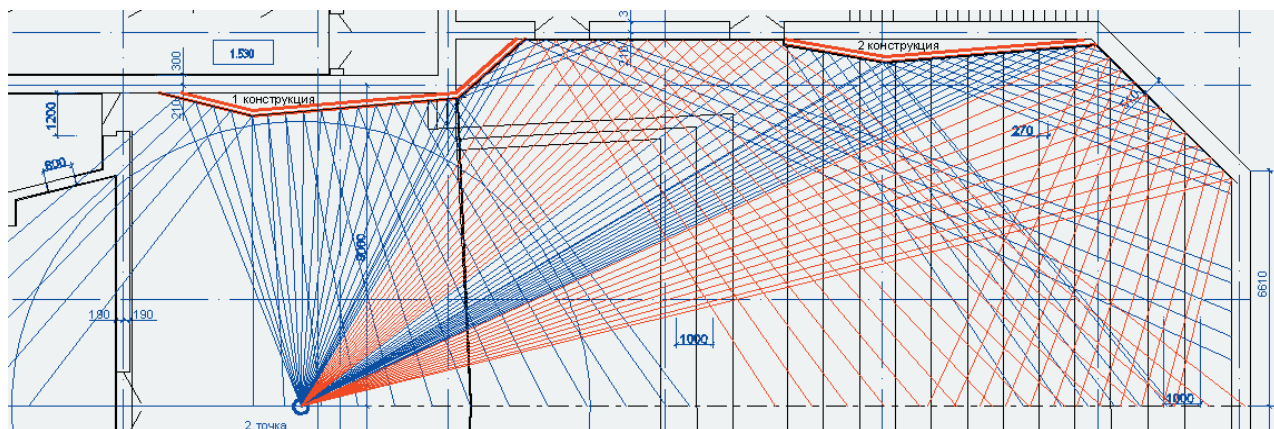


Рис. 14. План зала с построением звуковых отражений

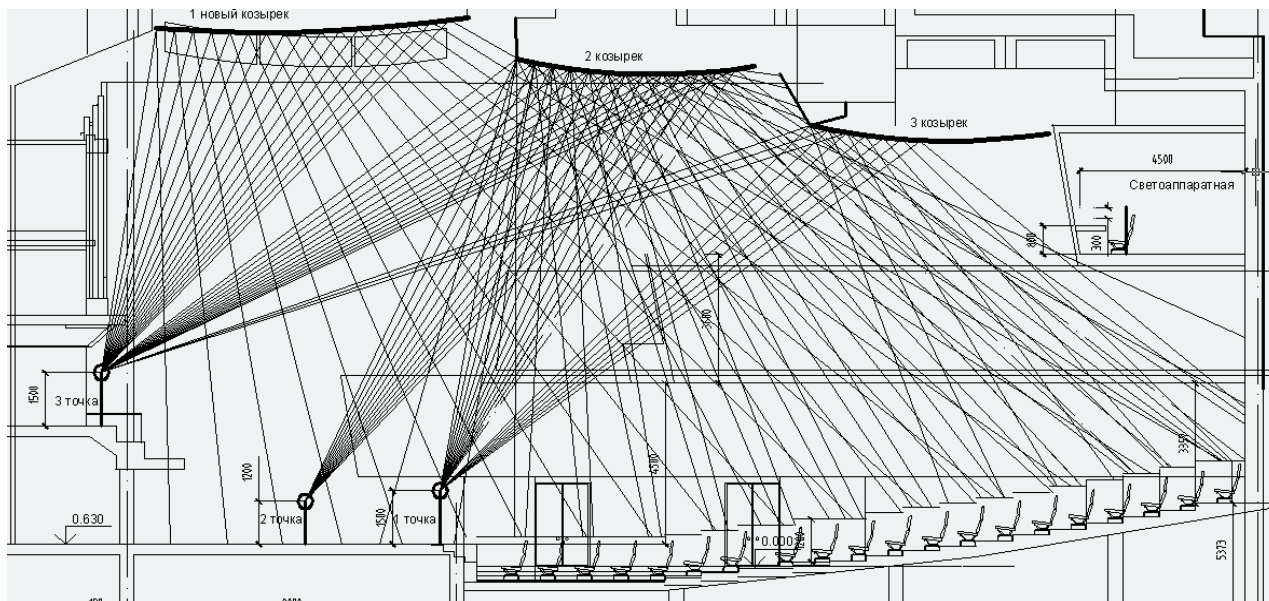


Рис. 15. Разрез зала с построением звуковых отражений

Выводы

Проведенные исследования и апробации разработанных модулей выявили достаточную степень достоверности результатов расчетов лучевых картин. Предлагаемое программное обеспечение позволило проводить не только проверку архитектурных решений залов за малый промежуток времени, обеспечив достаточно высокую степень автоматизации и повысив достоверность полученных результатов, но и получать желаемую форму звукоотражающей поверхности.

Авторами ведется разработка аналогичных модулей для построения звукоотражающей поверхности и лучевых картин в трехмерном пространстве модели.

Литература

1. Йордан В. Л. «Акустическое проектирование концертных залов и театров». – Москва: Стройиздат, 1985.
2. Макриненко Л. И. «Акустика помещений общественных зданий». – Москва: Стройиздат, 1986.
3. Ковригин С. Д. «Архитектурно-строительная акустика». – Москва: «Высшая школа», 1980.
4. Акустика: Справочник / под ред. М.А. Сапожкова. - М.: Радио и связь, 1989.