

Министерство культуры Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения»



НЕДЕЛЯ НАУКИ И ТВОРЧЕСТВА

Материалы Межвузовского научно-практического форума
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященного Году российского кино

18–22 апреля 2016 г.

Часть 5

Санкт-Петербург
СПбГИКиТ
2016

УДК 001.3
ББК 72.4
Н42

Рекомендовано к изданию Научным советом СПбГИКиТ

Рецензенты:

д-р хим. наук, профессор *А. В. Гарабаджиу* (СПбГТИ (ТУ)),
канд. искусствоведения, член Союза художников России *Т. В. Ковалева*
(СПбГХПА им. А. Л. Штиглица)

Н42 Неделя науки и творчества: материалы Межвузовского научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященного Году российского кино, 18–22 апреля 2016 г. В 5 ч. Ч. 5 / редкол.: А. Д. Евменов (отв. ред.) [и др.]. – СПб.: СПбГИКиТ, 2016. – 240 с.

ISBN 978-5-94760-204-3 (ч. 5)

ISBN 978-5-94760-199-2

В сборнике представлены статьи студентов, аспирантов и молодых ученых – участников Межвузовского научно-практического форума «Неделя науки и творчества», посвященные научным и творческим вопросам и объединенные общей темой Года российского кино. В часть 5 включены материалы секций «Телевидение: сегодня и завтра», «Современные проблемы радиотехники», «Математика, физика и информатика в междисциплинарном взаимодействии», «Технологии записи и воспроизведения аудиовизуальной информации».

Материалы адресованы широкому кругу исследователей, ученых, преподавателей, аспирантов, студентов и специалистов, работающих в области развития культуры и совершенствования медиатехнологий.

УДК 001.3
ББК 72.4

ISBN 978-5-94760-204-3 (ч. 5)
ISBN 978-5-94760-199-2

© СПбГИКиТ, 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. Д. Евменов – д-р экон. наук, профессор, засл. деят. науки РФ, ректор СПбГИКиТ (отв. ред.);

О. Э. Бабкин – д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе СПбГИКиТ (зам. отв. ред.);

А. И. Климин – канд. ист. наук, председатель СМУ СПбГИКиТ (отв. секр.);

Т. В. Алексеева – канд. пед. наук, декан ф-та технологий кино и телевидения СПбГИКиТ (чл. редкол.);

П. П. Иванцов – канд. юр. наук, декан ф-та фотографии, дизайна и журналистики СПбГИКиТ (чл. редкол.);

С. И. Мельникова – д-р искусствоведения, профессор, декан ф-та экранных искусств СПбГИКиТ (чл. редкол.);

М. А. Морозова – д-р экон. наук, декан ф-та медикоммуникаций и туризма СПбГИКиТ (чл. редкол.);

О. А. Чеснова – канд. экон. наук, декан ф-та продюсирования, экономики и управления СПбГИКиТ (чл. редкол.);

Д. А. Хрюкин – председатель СНО СПбГИКиТ (чл. редкол.);

А. В. Шишкина – документовед 1-й категории отдела аспирантуры и научной деятельности СПбГИКиТ (чл. редкол.).

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ ФОРУМА

А. Д. Евменов – д-р экон. наук, профессор, засл. деят. науки РФ, ректор СПбГИКиТ (председатель);

О. Э. Бабкин – д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе СПбГИКиТ (заместитель председателя);

Н. В. Волков – засл. деят. искусств РФ, заведующий кафедрой операторского искусства;

Н. И. Дворко – д-р искусствоведения, профессор кафедры режиссуры телевидения;

В. В. Ильина – канд. техн. наук, доцент кафедры кинофотоматериалов и регистрирующих систем;

А. И. Климин – канд. ист. наук, председатель СМУ СПбГИКиТ;

В. А. Коновалов – канд. техн. наук, профессор кафедры компьютерной графики и дизайна;

Е. В. Константинова – канд. техн. наук, заведующая кафедрой фотографии и народной художественной культуры;

А. Н. Круталевич – ассистент кафедры телевидения;

С. А. Кузнецов – канд. техн. наук, доцент кафедры киновидеоаппаратуры;

Р. Р. Латылова – канд. экон. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий;

Е. И. Лелис – д-р филол. наук, заведующая кафедрой журналистики;

Е. И. Нестерова – д-р техн. наук, заведующая кафедрой компьютерной графики и дизайна;

Т. В. Ртищева – канд. экон. наук, доцент кафедры продюсирования кино и телевидения;

О. О. Рыбалко – доцент кафедры режиссуры;

О. Г. Салищева – старший преподаватель кафедры математики и физики;

Н. С. Скорород – канд. искусствоведения, доцент кафедры драматургии и киноведения;

Е. В. Сладковская – доцент кафедры звукорежиссуры;

С. В. Хлыстунова – канд. искусствоведения, доцент кафедры искусствознания;

Д. А. Хрюкин – председатель СНО СПбГИКиТ;

Е. А. Янова – доцент кафедры звукорежиссуры.

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

Участники форума! Друзья!

Наш форум – это вы!

Вы – молодые исследователи, ученые, творцы.

Вы – студенты и аспиранты, делающие первые шаги в науке и творчестве.

Вы все разные. Вы из разных вузов, из разных городов и даже из разных стран. И ваши интересы разнообразны: от журналистики и проблем развития телевидения и радиотехники до компьютерной графики и материаловедения, от развития туризма до воплощения мировоззрения посредством экранных искусств. И не случайно мы выделили в нашем форуме столько секций – мы пытались охватить весь спектр направлений и специальностей, по которым ведется подготовка в нашем институте. Среди вас – начинающие продюсеры, техники, экономисты, киноведы, режиссеры, менеджеры, журналисты, химики-технологи...

Этот форум – зеркало нашего вуза: он отражает все многообразие профессий современной медиаиндустрии, форм ее существования и выражения. В нашем институте, как в калейдоскопе, составляющем яркую картину из разнообразных несвязанных фрагментов, диаметрально противоположные образовательные программы обеспечивают конвергентную, разностороннюю подготовку высокообразованного специалиста для сферы кино и телевидения. И в ваших силах добавить ярких красок в эту картину! Ваша целеустремленность и увлеченность любимым делом сейчас – это залог нашего будущего в искусстве, науке, производстве, будущего нашей Родины. Желаю всем вам удачных выступлений на форуме, приобретения новых знаний и навыков на мастер-классах, побед в конкурсах, ярких впечатлений!

Учитесь, дерзайте в искусстве, доказывайте свои теории в науке, разрабатывайте и воплощайте свои проекты – и будущее за вами!

*Председатель оргкомитета,
ректор СПбГИКиТ, профессор А. Д. Евменов*

ПРОГРАММА ФОРУМА

18 апреля

Киноконцертный зал СПбГИКиТ (ул. Бухарестская, д. 22)

10.45–11.00 ОТКРЫТИЕ ФОРУМА

Приветственное слово председателя форума ректора Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, д-ра экон. наук, профессора А. Д. Евменова

11.00–13.00 ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

22 апреля

	Ауд. 1312 (ул. Правды, д. 13)
14.45–15.30	Церемония закрытия форума
14.45–15.00	Награждение победителей в рамках форума
15.00–15.20	Принятие итоговой резолюции форума
15.20–15.30	Заключительное слово председателя форума ректора Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, д-ра экон. наук, профессора А. Д. Евменова

Секция

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКРАННЫХ ИСКУССТВ

18 апреля

14.00–18.00 ауд. 3117 ул. Бухарестская, д. 22	Интерактивное повествование и режиссура мультимедиа <i>Руководитель</i> – Дворко Н. И., д-р искусствоведения, профессор кафедры режиссуры телевидения СПбГИКиТ
15.00–19.00 ауд. 1502 ул. Правды, д. 13	Круглый стол «Российское кино: эпохи и люди. Культурная самобытность и художественные особенности отечественного киноискусства» <i>Руководитель</i> – Хрюкин Д. А., председатель СНО СПбГИКиТ
18.00–21.00 ауд. 1324 ул. Правды, д. 13	Творческий вечер, посвященный 90-летию со дня рождения народного артиста РФ Э. А. Розовского <i>Руководитель</i> – Волков Н. В., заведующий кафедрой операторского искусства, профессор СПбГИКиТ

19 апреля

10.45–13.00 ауд. 1502 (1514) ул. Правды, д. 13	Круглый стол «Современные технологии анимационного кино» <i>Руководитель</i> – Рыбалко О. О., доцент кафедры режиссуры СПбГИКиТ
--	--

11.00–17.30
ауд. 3117
ул. Бухарестская, д. 22
13.00–15.00
ауд. 1424
ул. Правды, д. 13

Интерактивное повествование и режиссура мультимедиа
Руководитель – Дворко Н. И., д-р искусствоведения, профессор кафедры режиссуры телевидения СПбГИКиТ
От «Великого немого» до DOLBY ATMOS
Руководители – Гасан-Заде А. А., исполняющий обязанности заведующего кафедрой звукорежиссуры СПбГИКиТ; Сладковская Е. В., доцент кафедры звукорежиссуры СПбГИКиТ

20 апреля

11.00–13.00
ауд. 3513, 3508
ул. Бухарестская, д. 22
13.00–16.00
ауд. 1502
ул. Правды, д. 13

Круглый стол «Модульные программно-аппаратные комплексы для постпродакшн»
Руководители – Янова Е. А., доцент кафедры звукорежиссуры СПбГИКиТ; Гитис М. И., старший преподаватель кафедры звукорежиссуры СПбГИКиТ
Шекспир и кинематограф: старые и новые ракурсы
Руководитель – Хрюкин Д. А., председатель СНО СПбГИКиТ

21 апреля

14.45–18.15
ауд. 1311
ул. Правды, д. 13
14.00–18.00
ауд. 1502
ул. Правды, д. 13
10.00–12.00
ауд. 3513, 3508
ул. Бухарестская, д. 22

Актуальные проблемы экранных искусств: взгляд студента
Руководитель – Хлыстунова С. В., канд. искусствоведения, доцент кафедры искусствознания СПбГИКиТ
Круглый стол «Сценарий в современном кинематографе»
Руководитель – Скороход Н. С., канд. искусствоведения, доцент кафедры драматургии и киноведения СПбГИКиТ
Элементы технологического обеспечения звукозаписи в условиях современного аудиовизуального производства
Руководители – Янова Е. А., доцент кафедры звукорежиссуры СПбГИКиТ; Гитис М. И., старший преподаватель кафедры звукорежиссуры СПбГИКиТ

22 апреля

10.00–14.00
киноконцертный зал
ул. Бухарестская, д. 22

III Международный конкурс-фестиваль студенческих работ звукорежиссеров «ИНТОНАЦИИ»
Руководитель – Сладковская Е. В., доцент кафедры звукорежиссуры СПбГИКиТ

Секция

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОДЮСИРОВАНИЯ В СФЕРЕ КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

22 апреля

10.45–12.20
ауд. 1407
ул. Правды, д. 13

Руководитель – Ртищева Т. В., канд. экон. наук, доцент кафедры продюсирования кино и телевидения СПбГИКиТ

Секция

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ СФЕРЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

22 апреля

13.00–14.35
ауд. 1435
ул. Правды, д. 13

Руководители – Чеснова О. А., канд. экон. наук, декан факультета продюсирования, экономики и управления СПбГИКиТ; Сорвина Т. А., канд. экон. наук, доцент кафедры управления экономическими и социальными процессами СПбГИКиТ

Конкурс студентов факультета продюсирования, экономики и управления ЛУЧШИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КРОССВОРД

22 апреля

12.00–13.00
ауд. 1419
ул. Правды, д. 13

Руководитель – Рыжих Л. В., канд. экон. наук, доцент кафедры экономики кино и телевидения СПбГИКиТ

Секция

ЖУРНАЛИСТИКА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ

19 апреля

10.45–12.20
ауд. 1310
ул. Правды, д. 13

Руководители – Лутова С. К., канд. полит. наук, доцент кафедры журналистики СПбГИКиТ; Сергачев В. Я., канд. филол. наук, доцент кафедры журналистики СПбГИКиТ

13.00–14.35
ауд. 1310
ул. Правды, д. 13

Руководители – Синельников Д. П., канд. филос. наук, доцент кафедры журналистики СПбГИКиТ; Оганесова Ю. А., канд. филол. наук, доцент кафедры журналистики СПбГИКиТ

14.45–16.20
ауд. 1310
ул. Правды, д. 13

Руководители – Демченко П. Н., канд. филол. наук, доцент кафедры журналистики СПбГИКиТ; Федорова Д. Е., канд. филол. наук, доцент кафедры журналистики СПбГИКиТ

Секция

МЕДИАТЕХНОЛОГИИ: НАУКА И ТВОРЧЕСТВО

19 апреля

10.00–14.30
ауд. 3254
ул. Бухарестская, д. 22

Руководитель – Константинова Е. В., канд. техн. наук, заведующая кафедрой фотографии и народной художественной культуры СПбГИКиТ

Секция

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА, ГОСТЕПРИИМСТВА И СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

20 апреля

13.00–14.45
ауд. 1312
ул. Правды, д. 13

Руководитель – Климин А. И., канд. ист. наук, доцент кафедры социально-культурной деятельности, туризма и гостеприимства, председатель СМУ СПбГИКиТ

Секция
МАССОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ В МЕНЯЮЩЕМСЯ МИРЕ

18 апреля

15.00–20.30
ауд. 1312
ул. Правды, д. 13

Руководитель – Климин А. И., канд. ист. наук, доцент кафедры социально-культурной деятельности, туризма и гостеприимства, председатель СМУ СПБГИКиТ

Секция
ТЕЛЕВИДЕНИЕ: СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

20 апреля

10.45–12.00
ауд. 1312
ул. Правды, д. 13

Общее (пленарное) заседание секции
Руководители – Белозерцев А. В., канд. техн. наук, заведующий кафедрой телевидения СПБГИКиТ; Круталевич А. Н., ассистент кафедры телевидения СПБГИКиТ

12.00–12.30
кафедра телевидения
ул. Правды, д. 13

Профориентационная интерактивная игра «Телевичок» для учащихся средних школ и Киновидеотехнического колледжа
Руководители – Белозерцев А. В., канд. техн. наук, заведующий кафедрой телевидения СПБГИКиТ; Круталевич А. Н., ассистент кафедры телевидения СПБГИКиТ

12.30–14.30
ауд. 1517
ул. Правды, д. 13

Подсекция «Телевизионные жанры и форматы: история, современность, развитие»
Руководители – Белозерцев А. В., канд. техн. наук, заведующий кафедрой телевидения СПБГИКиТ; Круталевич А. Н., ассистент кафедры телевидения СПБГИКиТ

12.30–14.30
ауд. 1524
ул. Правды, д. 13

Подсекция «Организация телевизионного производства и вещания»
Руководители – Белозерцев А. В., канд. техн. наук, заведующий кафедрой телевидения СПБГИКиТ; Круталевич А. Н., ассистент кафедры телевидения СПБГИКиТ

Секция
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ

20 апреля

15.30–17.00
ауд. 3410
ул. Бухарестская, д. 22

Руководитель – Латыпова Р. Р., канд. экон. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПБГИКиТ

Секция
**МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА И ИНФОРМАТИКА
В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ**

20 апреля

13.00–18.00
ауд. 3312
ул. Бухарестская, д. 22

Руководитель – Салищева О. Г., старший преподаватель кафедры математики и физики СПБГИКиТ

Секция
ТЕХНОЛОГИИ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ
АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

20 апреля

10.45–14.35
ауд. 3405

ул. Бухарестская, д. 22

Руководитель – Кузнецов С. А., канд. техн. наук, доцент
кафедры киновидеоаппаратуры СПбГИКиТ

Секция
КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И ДИЗАЙН

21 апреля

11.00–13.00
ауд. 1509
ул. Правды, д. 13

Руководители – Коновалов В. А., канд. техн. наук, профессор кафедры компьютерной графики и дизайна СПбГИКиТ; Нестерова Е. И., д-р техн. наук, заведующая кафедрой компьютерной графики и дизайна СПбГИКиТ

22 апреля

13.00–14.00
ауд. 1509
ул. Правды, д. 13

Руководители – Коновалов В. А., канд. техн. наук, профессор кафедры компьютерной графики и дизайна СПбГИКиТ; Нестерова Е. И., д-р техн. наук, заведующая кафедрой компьютерной графики и дизайна СПбГИКиТ

Секция
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИАИНДУСТРИИ

18 апреля

14.00–17.30
ауд. 3224
ул. Бухарестская, д. 22

Руководитель – Бабкин О. Э., д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе, заведующий кафедрой кинофотоматериалов и регистрирующих систем СПбГИКиТ

Секция
ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЯЗЫК

21 апреля

09.00–10.35
ауд. 1435
ул. Правды, д. 13

Руководитель – Лелис Е. И., д-р филол. наук, заведующая кафедрой журналистики СПбГИКиТ

Секция
РУССКИЙ ЯЗЫК И МЕЖКУЛЬТУРНАЯ КОММУНИКАЦИЯ

21 апреля

13.00–14.35
ауд. К-607
ул. Правды, д. 13

Руководитель – Лелис Е. И., д-р филол. наук, заведующая кафедрой журналистики СПбГИКиТ

Секция
ТЕЛЕВИДЕНИЕ: СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ДЕТСКОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ В РОССИИ

В России телевидение занимает первое место среди средств массовой информации, оказывает огромное влияние на общественную жизнь и является главным источником своевременных новостей о событиях, происходящих в стране и мире. На протяжении всей истории существования телевидения идут дискуссии о качестве и содержании телевизионных программ, особенно о их просветительской и образовательной функциях.

Современные дети не мыслят жизнь без телевидения. Благодаря таким качествам, как вездесущность, массовость и простота использования, оно оказывает сильное влияние на детскую аудиторию. Ребенок усваивает информацию, которая транслируется с экрана, даже если телевизор работает в фоновом режиме. Зачастую дети смотрят телевизор без присмотра взрослых. Поэтому проблема содержания телеконтента, предназначенного для детей, весьма актуальна.

В истории российского телевидения для детей и подростков принято выделять следующие этапы:

1930–1950-е гг. – появление первых телепередач для детей;

1960-е гг. – детское телевидение становится систематическим;

1970-е – первая половина 1980-х гг. – массовое производство детских передач различной тематической направленности (развлекательных, образовательных и др.);

середина 1980-х – конец 1990-х гг. – кризис детского телевидения и создание дискуссионных передач для детей;

с 1999 г. – период специализации, создаются отдельные телеканалы, ориентированные на конкретную аудиторию, в том числе детскую.

Установки на информирование и развлечение, пожалуй, основные для современного телевидения. При этом общедоступность, рассматриваемая как положительное качество телевидения, может быть расценена иначе в случае с детской аудиторией. Критика содержания телевизионного контента касается изображения насилия и эротики на экране, разрушения общепринятых ценностей, избытка рекламы и вытеснения отечественной культуры образцами массовой западной.

В отношении влияния деструктивного контента на развитие ребенка существуют две концепции. Первая называется «теорией научения», согласно ей ребенок во время просмотра программ учится заданным образцам поведения, и в определенной ситуации он их воспроизведет. Менее популярная вторая концепция, или «теория катарсиса», основана на идее, что переживания зрителя, возникшие при просмотре той или иной программы или фильма, служат чем-то вроде защиты против реального насилия, имеют положительный эффект.

После длительного отсутствия законодательной базы, регулирующей телевизионный эфир с учетом пользы и безопасности для детей и подростков, 1 сентября 2012 г. вступил в силу Федеральный закон «О защите детей

от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию». Теперь в российском эфире существует запрет на программы, пропагандирующие наркоманию, алкоголизм, табакокурение, а также программы со сценами противоправного поведения и эротическими сценами с 4 до 23 ч. Иные программы имеют знак возрастного ограничения.

Предусмотренная законом норма соотношения объема детского телевидения к общему объему составляет 7–10%, реальная же статистика насчитывает 3–4%.

Федеральные каналы ставят зрителей перед фактом уменьшения объема детского контента. Жители страны наблюдают, как детские и подростковые программы уступают место более рейтинговым, предназначенным для взрослой аудитории. Остается надеяться на зарекомендовавшую себя телепередачу «Спокойной ночи, малыши». В результате интеграции телевидения и Интернета происходит разработка сайтов детских телеканалов. Возможность объединения звука, текста, видео- и онлайн-игр позволяет удовлетворить и необходимость информирования на базе игровой формы, и потребность в развлечении.

Сегодня в России существуют шесть основных специализированных каналов для детей: «Карусель», «Дисней», «Детский», «Никелодион», «Радость моя» и «Улыбка ребенка». Но они не являются общедоступными, поскольку территория приема сигнала ограничена центральными районами России. Репертуар специализированных каналов для детей составляют мультипликационные и художественные фильмы, сериалы, обучающие программы, интерактивные игры и т. д.

Не так давно в России появился телеканал «Дед Мороз». Это сезонный проект новогодней и рождественской тематики. Этот формат для отечественного телевидения новый, хотя он уже давно и успешно зарекомендовал себя в странах Европы и в США. Репертуар телеканала продуман до мелочей. Красочный интерфейс, интересные анонсы и видеоролики положительно сказываются на внешнем облике телеканала.

В сетке передач, помимо увлекательных программ, фильмов, мультсериалов, кукольных представлений, присутствуют обучающие программы, интерактивные игры и конкурсы. Придуманные разработчиками мастер-классы «Готовим» и «Украшаем» показывают малышам и их родителям, как сделать подарок своими руками, что подают к новому столу и как украшают дома в разных странах мира. Телеканал «Дед Мороз» показывает как фильмы специально для детей («Кот в сапогах», «Гринч – похититель Рождества»), так и семейное кино («Кошмар перед Рождеством», «Подарок на Рождество», «Джек Фрост» и др.).

Сегодня на российском телевидении отечественного детского телеконтента недостаточно, а его отсутствие грозит его заменой низкокачественным или неадаптированным зарубежным телеконтентом. Необходима государственная поддержка в виде дотаций, поощрений для создания образовательных программ, обучения специалистов детского телевидения и т. д.

Современные дети проводят возле телевизора в среднем 2–3 ч в день, а значит, подвержены влиянию телевидения. Важнейшей задачей разработчиков контента является создание передач, способствующих формированию у человека здоровой психики, приобщающих к общечеловеческим ценностям и национальной культуре, социализирующих и инкультурирующих ребенка.

Список литературы

1. Волошина А. А. Становление детского телевидения в России // Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». URL: <http://www.scienceforum.ru/2016/1968/23310> (дата обращения: 10.04.2016).
2. Маградзе Р. Тенденции развития детского телевидения // Теле-Спутник. 2013.
3. Ломоносов А. Детское телевидение или телевидение для детей? URL: http://www.broadcasting.ru/articles2/econandmen/detsk_TV_ili_TV_det/ (дата обращения: 08.04.2016).
4. Телевидение в России. Состояние, тенденции и перспективы развития / под общ. ред. Е. Л. Вартановой и В. П. Коломийца. М.: Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям, 2012.

Научный руководитель: А. Н. Круталевич, ассистент кафедры телевидения СПбГИКиТ.

УДК 654.197–053.4/6

Н. А. Орехова

Дворец учащейся молодежи Санкт-Петербурга,
Санкт-Петербург

ДЕТСКО-ЮНОШЕСКОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Ребенок есть в каждой второй российской семье. В начале 2012 г., по оценкам Росстата, на территории страны проживало 24 млн детей в возрасте до 15 лет [4, с. 1–2].

Сегодня государство развивает целый ряд программ по увеличению рождаемости. Это такие меры поддержки семьи и детства, как «материнский капитал», «Молодая семья – доступное жилье» и т. д.

В связи с этим представляется актуальным развитие детского телевидения в России. На наш взгляд, экранным искусствам детско-юношеской направленности у нас в стране не уделяется должного внимания. Научных трудов, детально рассматривающих и всесторонне исследующих телепрограммы для детей и юношества, крайне мало.

Дети, молодые люди – будущее страны, а средства массовой информации – мощный образовательный и просветительский инструмент, способный в значительной степени влиять на нравы и устои как общества в целом, так и его отдельных групп, в частности детей и подростков. Чтобы не быть голословным, рассмотрим, как развивалось телевидение для детей в России. Для начала определимся с понятиями.

Детское телевидение – это система направленных телепрограмм, адресованных самому юному поколению зрителей – дошкольного, школьного, подросткового и юношеского возраста. Цель таких программ – всестороннее воспитание и образование детей и юношества. По жанрам и формам детское телевидение весьма многообразно: сказки, публицистические программы, приключенческие, научно-фантастические, научно-популярные фильмы, встречи с интересными людьми, викторины, конкурсы, мультфильмы [2, с. 202].

В понятие «детско-юношеское телевидение» и соответственно «детское кино» входят фильмы и телевизионные программы, отражающие детскую тематику. Сюда принято относить экранизации детских литературных произведений, передачи на различные духовно-нравственные темы и т. д. [5, с. 63].

Первые телевизионные программы для детей (детский телевизионный журнал «Телевизор», «Веселая эстрада») были выпущены Ленинградским телецентром в 1938–1939 гг. Уже в конце 1940-х гг. в телевизионном эфире не только регулярно были представлены детские программы, но и появились их вариации: для детей старшего, среднего и младшего возраста [4, с. 23–27]. С развитием телевидения для детей развивалось и жанровое разнообразие программ. Это были телеспектакли и тележурналы, «кукольные» программы и детская публицистика. В 1955 г., когда была создана Главная редакция телевизионных программ для детей и юношества, резко увеличился штат сотрудников, задействованных в создании детского контента, вырос объем эфирного времени. Особое внимание в детских программах рекомендовалось уделять развитию трудовых навыков, инициативы и самостоятельности, вовлечению детей в разнообразные общественно полезные дела.

Все больше эфирного пространства стала занимать пионерская тематика (ТАП – Телевизионное агентство «Пионерия»). В эфире появились научно-популярные и спортивные программы. Огромное внимание уделялось художественному и эстетическому воспитанию (тележурналы «Радуга» и «Холст», журнал о музыке «Жаворонок»).

1 сентября 1964 г. вышел первый выпуск «Спокойной ночи, малыши!» – программы с наиболее продолжительной эфирной жизнью. Период с начала 1970-х до середины 1980-х гг. заслуженно называют периодом подъема детского телевидения» [4, с. 23–27]. Именно телевидение в 1980-е гг. ряд ученых Запада стали оценивать как «воспитателя, не имеющего себе равных» [6, с. 71].

Практически все виды деятельности детей от 3 до 13 лет нашли свое отражение на телеэкране. Программы для младшей возрастной группы были представлены в виде бесед, иллюстрированных выступлений, телепостановок, зарисовок. Для подростков выходили телевизионные журналы, популярные викторины, олимпиады. Неотъемлемая часть детского телевизионного эфира в это время – художественные фильмы, мультфильмы и концерты. Значительную долю вещания продолжали занимать программы, направленные на воспитание патриотических чувств («Маршрутами юных», «Костер», «Мы здесь живем», «Священные места нашей Родины»). К концу 1970-х гг. в сетке телевизионного вещания было окончательно определено место программ для детей: существовали утренний, дневной и вечерний блоки, различалось вещание в будние, выходные и праздничные дни. Наиболее популярными программами этого периода можно назвать: «Будильник», «В гостях у сказки», «АБВГДейка» [4, с. 23–27].

Таким образом, мы видим, что производство программ для детей и юношества выполняло ряд важнейших функций по воспитанию, образованию, формированию личных ориентиров и гражданской позиции формирующегося человека, а подготовка телевизионных программ поддерживалась государством.

С началом перестройки сократилось число программ, рассчитанных на дошкольников и младших школьников; аргументировалось это, в частности,

борьбой с длительным пребыванием детей у телевизора. Кроме того, на вещании стали сказываться ограничения финансирования.

На фоне постепенного снижения роли отечественного детского телевидения во второй половине 1980-х гг. происходило наполнение эфира зарубежной продукцией, рассчитанной на юную аудиторию. Потеря четкой организации, единства задач, а главное – аудитории, которая во многом предпochла зарубежный продукт, – таким детское телевидение вошло в 1990-е гг. [4, с. 57]. В процессе перестройки и после «перекройки» телевидения на новых коммерческих началах большую часть российского эфира, как известно, заняли передачи развлекательные, без особых нравственных устоев или, наоборот, с устоями западного прагматизма, индивидуализма и откровенной наживы.

Приблизительно с 1999 г. на телевидении возобладали тенденции упрощения коммуникации с массовой аудиторией, сведения ее к чисто прагматическим, вплоть до откровенно рекламных, или сугубо гедонистическим интересам [1, с. 122]. Сегодня программы для детей – это большая редкость. На основных федеральных каналах их количество ничтожно мало. Мы видим, что контент, потребляемый детьми, постепенно составили развлекательные программы каналов ТНТ и СТС. Согласно данным аналитического центра «Видео Интернешнл» на 2011–2012 гг., доля детских программ была близка к статистической погрешности – 0,23 % (369 ч), немного лучше обстояли дела с мультипликационными сериалами – 6,45 % (10 137 ч) и мультипликационными фильмами – 2,06 % (3235 ч). Если исключить из базы расчета телеканал «2x2», показывающий большой объем мультипликационных сериалов для подростковой или даже взрослой аудитории, то общую долю «детского» контента на российских эфирных телеканалах можно оценить всего в 5,29 %.

Но даже этот скромный объем быстро сокращается. С 2008 по 2011 г. доля детских программ на эфирных каналах уменьшилась практически в два раза. Однако дефицит детского контента в эфире восполняется популярностью неэфирных каналов. В число 20 крупнейших платных каналов в 2011 г. вошло три детских – «Карусель», «Disney Channel», «Детский мир». Именно российские неэфирные каналы постепенно взяли на себя функцию воспитания, образования и развлечения подрастающего поколения [3, с. 4–5].

В целом, телевидение предлагает контент, произведенный еще в Советском Союзе, а многие поколения детей продолжают расти на всеми любимых, известных кино и мультфильмах. Это фильмы-сказки А. Птушко, А. Роу, Р. Быкова и более поздние фильмы – о приключениях Буратино, Электроника, фильмы про Петрова и Васечкина. Особенно примечателен успех «Ералаша» – детского юмористического киножурнала, первый номер которого вышел в 1974 г. Его рейтинги, как на «Первом канале», так и на СТС, выше, чем средние по каналу. То же можно сказать и о «Спокойной ночи, малыши!». Все большая доля телепрограмм (контента) и детской аудитории приходится в последние 10–15 лет на специализированные кабельные и спутниковые телеканалы. Для таких каналов детский контент – главный продукт, на котором они могут создавать прибыльный бизнес [3, с. 4–5].

Из сказанного можно заключить, что сегодняшнее телевидение достаточно коммерциализировано. Зависимость от рекламных средств дает о себе знать. Развлечения – это то, что быстро воспринимается аудиторией, делается просто, приносит необходимые денежные средства.

Детские программы представлены преимущественно на платных кабельных каналах, что, во-первых, делает их доступными не для широкой аудитории, во-вторых, не позволяет создать единую идейно и содержательно наполненную сетку вещания для детей.

Редкие детские передачи на основных каналах нередко показывают в очень раннее время (5–7 утра), поскольку в ранние утренние часы эфирное время дешевле. В это время дети, как правило, спят. Реклама разрывает и пребывает детские мультфильмы и программы. Для этой аудитории стоило бы убрать или максимально исключить количество рекламных сообщений, поскольку детское сознание менее защищено от внушения.

Кроме того, сегодня велика доля закупки зарубежного контента. Это говорит о том, что сегодня единая информационная концепция в сфере детского вещания не выработана и обделена вниманием. Тем не менее стоит отметить тот факт, что аудитория юных зрителей стала более взыскательной и избирательной в эпоху информационного общества.

Сегодня все говорит нам о том, что телевидение для детей нуждается в материальной и законодательной поддержке государства, в самом тщательном внимании. Необходимо создать единую идеологию в производстве программ для детей и юношества. Такие программы должны выполнять, прежде всего, воспитательно-образовательную функцию.

Советское телевидение – это колоссальный опыт, который необходимо адаптировать, перенимая все лучшее, что было представлено советским детским вещанием.

Детские программы сегодня и в будущем способны консолидировать общество, интегрировать в него детей и подростков, показать высокие образцы, примеры, ориентиры и идеалы, развить личность и социализировать ее.

Если мы сегодня будем обходить вниманием такую важную составляющую в жизни общества, как воспитание, просвещение посредством и телевизионного вещания для детей и подростков, в будущем мы будем иметь дело с потерянными поколениями, потерявшими идентичность и морально-этические ориентиры.

Забота о детском телевидении – это социальная ответственность телепроизводителя и государства.

Что такое социально ответственная журналистика, как не журналистика, несущая понятия о добре и нравственности через слово, образ (в случае с телевидением), как не журналистика, которая заботится о самых юных членах нашего общества, тех, от кого зависит наше завтра, гармония, счастье, мир России и планеты Земля.

Список литературы

1. Березин В. М. Массовая коммуникация: сущность, каналы, действия. Серия: Практическая журналистика. М.: РИП-холдинг, 2003.
2. Егоров В. В. Телевидение: Страницы истории. М.: Аспект Пресс, 2003.
3. Макеенко М., Толоконникова А., Вырковский А. Телевидение для детей: плюсы и минусы // МедиаТренды. 2013. № 2 (39).
4. Полуэхтова И. А., Аникина М. Е., Вырковский А. В. Телевидение для детей. Исследование особенностей производства, формирования и распространения программ. Мировой опыт / под общ. ред. Е. Л. Вартановой. М.: Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям, 2013.

5. Хилько Н. Ф. Духовно-нравственный потенциал детского кино и телевидения в России: теория, история и современность: монография. Омск, 2011.

6. Шариков А. В., Чудинова В. П. Детское телевидение. Взгляд социолога // Дети и культура / отв. ред. Б. Ю. Сорочкин. М.: КомКнига, 2007.

Научный руководитель: *Скрипюк И. И.*, канд. психол. наук, доцент кафедры режиссуры телевидения СПбГИКиТ, доцент кафедры рекламы СПбГУ.

УДК 308

С. В. Никитина, А. С. Огнева
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ СФЕРЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сегодня в России существует множество учебных заведений, как государственных, так и негосударственных, которые обещают абитуриентам распахнуть двери в удивительный мир телевидения. Высшие учебные заведения снабжают своих выпускников дипломами, организаторы специальных курсов и школ – сертификатами об обучении. Казалось бы, проблем тут никаких: каждый получает то, что заслужил своими усилиями. Однако оценка соотношения затраченных денежных средств и времени говорит совсем не в пользу высшего образования при условии, что выпускники различных учебных заведений являются равноправными конкурентами на получение рабочего места. Целью этой исследовательской работы стало выявление объективных обстоятельств, свидетельствующих о преимуществах получения высшего образования в сфере телевидения.

Обострение кадровой проблемы на телевидении России во многом связано со сменой поколений телевизионщиков. В постсоветское время многие телекомпании сознательно не брали в штат профессионалов, имеющих опыт работы на государственном телевидении. Считалось, что они сковывают инициативу, усиливают самоцензуру, заставляют работать с оглядкой на реакцию начальства и власти. Поэтому руководители частных телеканалов предпочитали брать на работу молодых сотрудников – пусть неопытных, но таких, чьи профессиональные качества можно сформировать с учетом требований конкретных телекомпаний и их программной политики.

В. Егоров в статье «Кадры для телевидения» [1] описал тенденции развития современного телевидения. Среди них децентрализация, демонополизация и разгосударствление системы профессионального образования. При этом отмечается, что подготовка специалистов для сферы телевидения в негосударственных частных школах зачастую предполагает ознакомление обучающихся с будущей профессией без глубокого проникновения в суть. К сожалению, именно таких работников медиасферы сложно назвать мастерами своего дела.

Мэтр телевидения Константин Эрнст, признавая нехватку профессиональных кадров, открыл на базе Первого канала школу для будущих медиа-

работников. «Телевидение страстно нуждается в людях, которые хотят и не боятся работать [...] Открытие Школы Первого канала – одна из ступеней, которая для вас может стать первой ступенью лестницы, ведущей на Первый!» [8] – информация с сайта новоиспеченной медиакузницы. Несмотря на то, что она позиционирует себя как школа повышения квалификации, обучать мастерству телеведущих, телережиссеров и специалистов по техобеспечению будут и тех, у кого высшего образования в сфере телеиндустрии нет.

Кроме того, рождение новых направлений, подходов, разделов вещания повлекло за собой изменение в сфере профессионализации: исчезли старые профессии, на их место пришли другие: ведущие ток-шоу, модераторы, продюсеры, художники компьютерной графики, режиссеры-монтажеры-компьютерщики, менеджеры и т. п. Особенности национальной системы подготовки кадров для телевидения в России уже взаимосвязаны с новыми возможностями телевизионной техники, средств подготовки и передачи телерадиопроизведений. Все очевиднее проявляется интерес к использованию кибернетического пространства, так называемой «виртуальной» среды, а это значит, что в XXI в. необходимо разрабатывать новые направления в системе подготовки кадров. Словом, рождение и развитие новых технологий в сфере обучения, подготовки и переподготовки кадров – прежде всего для телевидения – связаны напрямую с поисками более эффективной системы образования, отвечающей главным тенденциям, внутренним процессам, открывающую перспективу на завтра.

Выработать Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) для отдельного направления «Телевидение» взялись журналист, политолог и декан факультета телевидения МГУ В. Т. Третьяков и команда педагогов Высшей школы телевидения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова (ВШТ МГУ). Опираясь на программу подготовки по специальности «Журналистика» (как наиболее близкого к телевизионным профессиям направления), разработчики создали новый стандарт образования, тем самым легализовав обучение телевизионным профессиям в вузах России и поставив выдачу дипломов государственного образца на юридически безупречную основу [3]. Преемником телевизионного образовательного стандарта в Санкт-Петербурге стал Государственный институт кино и телевидения (СПбГИКиТ), расширивший специальность тележурналиста до «универсального специалиста сферы телевещания и телепроизводства» [4] и дополнивший учебную программу дисциплинами по обучению видеомонтажу, звукорежиссуре, постановке света, операторскому мастерству и др.

Современная образовательная платформа может предложить медиаиндустрии два вуза (ВШТ МГУ и СПбГИКиТ), выпускающих весь спектр специалистов для работы на телевидении, и более 150 вузов, где в рамках специальности «Журналистика» готовят телеведущих и корреспондентов. Возникает вопрос: «нехватка кадров» для ведущего телеканала индустрии – предлог увеличить бюджет холдинга или намек на несоответствие ФГОС реальным практическим навыкам, требуемым для работы? Разобраться поможет таблица сравнительных характеристик ведущих государственных и частных учебных заведений страны.

Условия обучения и перспективы трудоустройства	ВШТ МГУ	СПбГИКиТ	МИТРО	СПбШТ	Школа Первого канала
Наименование направления (специальности)	Телевидение	Телевидение	Телевизионная журналистика	Телевидение	Телеведущий Телережиссер Техобеспечение
Цена и срок обучения	325 тыс. руб./год 4 года (бакалавриат) 2 года (магистратура)	149 тыс. руб./год 4 года (бакалавриат)	220 тыс. руб./год 4 года (бакалавриат) 5 лет (специалитет)	7800–27000 (в зависимости от курса) 1–3 месяца	29 500–65 000 руб. (в зависимости от курса) 1–3 месяца
Учебные дисциплины	44 дисциплины, включающие предметы гуманитарного, социального и экономического циклов, профицкл и физкультуру	57 дисциплин, включающих предметы гуманитарного, социального, экономического циклов, профицкл и физкультуру	35 дисциплин, включающих предметы гуманитарного и социального циклов, профицкл	17 курсов профицкля	4 курса профицкля
Состав преподавателей	Ведущие специалисты МГУ и других вузов Москвы, известные тележурналисты, специалисты и руководители крупнейших телевизионных компаний и каналов России	В составе кафедры телевидения 19 педагогов, в том числе 1 доктор наук, 6 кандидатов наук. Практикуются мастер-классы со звездами кино и телеиндустрии	Преподаватели – обладатели высших телевизионных, радио-, кинопремий, лауреаты международных фестивалей, звезды отечественной медиасферы и работники «за кадром»	«Гусова» модных стилистов, визажистов, профессиональных фотографов, шоуменов и телеведущих. Мастера своего дела Санкт-Петербурга	Лучшие практики и теоретики теле-рынка, звезды и руководители Первого канала

Примечание: ВШТ МГУ – Высшая школа телевидения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова; СПбГИКиТ – Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения; МИТРО – Московский институт телевидения и радиовещания «Останкино»; СПбШТ – Санкт-Петербургская школа телевидения.

Условия обучения и перспективы трудоустройства	ВШТ МГУ	СПбГИКиТ	МИТРО	СПбШТ	Школа Первого канала
Материально-техническое оснащение	Собственный учебный телецентр с полным комплектом оборудования для телевидения, учебный фотоцентр, библиотека, компьютерный парк, комплекс для монтажа, мультимедийный класс	Мастерская анимации и монтажа, библиотека и видеотека, лаборатория телевидения и видеотехники, студия телевизионного постпродакшена и видеосервиса, видеосервис, телестудия, компьютерный парк, зал цифрового кинематографа	Учебные радиостудии и телестудии с полным комплектом оборудования, мультимедиаклассы, компьютерный парк, библиотека	Рабочие павильоны (фотостудии, телестудии, радиорубки, мультимедиаклассы)	Съемочное оборудование, мультимедиазал и телестудия
Перспективы трудоустройства и реальные успехи выпускников	Выпускники ВШТ МГУ работают на телеканалах страны и в крупных телехолдингах (ВГТРК и Первый канал)	Выпускники могут работать на кино- и теле-студиях, студиях звуко- и видеозаписи, в радиодомах, кинотеатрах, театрах, телеканалах и радиостанциях России	Выпускники работают на телеканалах Москвы, в крупнейших холдингах России	Студенты становятся профессионалами в любимом деле, работают на себя и подрабатывают на своем хобби	Лучшие студенты по итогам обучения получают уникальный шанс попасть в команду Первого канала
Престиж учреждения в истории и сегодня	Имидж учреждения подерживается многими поколениями выпускников МГУ, подтверждается именами декана-телезвезды и высоким уровнем образования выпускников сегодня	Бакалавры направления «Телевидение» выпускаются с 2013 г. Студенты уже востребованы на телеканалах города как универсальные специалисты технического и творческого профилей работы	МИТРО за 13 лет работы стал одним из ведущих учебных заведений по подготовке кадров для телевидения, радио, театра и кино	Является федеральной сетью образовательных центров, которая имеет филиалы в 18 городах и пользуется спросом	Существует несколько месяцев, но пользуется спросом за счет бренда – имени канала и его генерального директора

Борьба за повышение профессионализма работников телевидения идет с переменным успехом по причинам отнюдь не творческого характера. Бизнес вытесняет журналистику, а извлечение прибыли из СМИ становится главным смыслом существования телекомпаний. Свидетельство тому – создание специальных школ при телеканалах, частных образовательных учреждений. Однако получение высшего образования останется приоритетным для молодого поколения по следующим причинам:

- диплом о высшем образовании является гарантом способности к работе и наличия необходимых профессиональных знаний и навыков у выпускников вузов;
- большое количество дисциплин гуманитарного, социального и технического циклов благотворно влияют на развитие кругозора, становление мировоззрения и повышают степень образованности личности в разных сферах, что немаловажно для тележурналистов, телеведущих, корреспондентов, телережиссеров и других работников телеиндустрии;
- современное материально-техническое оснащение высших учебных заведений соответствует тому, которое ожидает студентов на учебных и производственных практиках и в дальнейшей работе;
- длительный срок обучения в университетах и институтах позволяет лучше усвоить целый комплекс дисциплин профессионального цикла и применить полученные знания в процессе обучения не только на занятиях, но и на практике, тем самым заинтересовав работодателя в своей кандидатуре на будущее.

Отечественному телевидению – более 60 лет. За время своего существования оно привлекло для работы на центральные каналы и в региональные студии десятки тысяч специалистов, окончивших самые разные вузы: университеты, пединституты, ВГИК, институты культуры, инженерные вузы и т. д. И только в XXI в. профессионалы решили, что полноценному специализированному высшему учебному заведению быть! МГУ и СПбГИКиТ стали главными поставщиками квалифицированных кадров на рынок телевизионного труда, а интерес к профессиям данной сферы усиливается. Профессии, в которых заинтересованы нынешние абитуриенты: ведущие телепередач, режиссеры телевидения и телевизионного кино, звукорежиссеры, телеоператоры, журналисты, редакторы, специалисты монтажа, менеджеры и продюсеры. Таким образом, можно говорить о наличии крупной, постепенно осваиваемой ниши в сфере образовательных услуг, о значительной потребности абитуриентов в получении специального телевизионного образования в вузе.

Список литературы

1. *Егоров В.* Кадры для телевидения // Высшее образование в России. 2000. № 1.
2. Приветственное слово декана ВШТ МГУ В. В. Третьякова «035100 – Телевидение». URL: http://www.ftv.msu.ru/content/slovodekana.php?ELEMENT_ID=7549 (дата обращения: 03.04.2016).
3. Приложение к приказу Министерства образования и науки России от 11 января 2011 г. об утверждении и введении в действие Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 035100 «Телевидение» (квалификация (степень) «Бакалавр»). URL: http://www.edu.ru/db-mon/mo/Data/d_11/prm43-1.pdf (дата обращения: 30.03.2016).

4. Рабочие программы ФТКиТ СПбГИКиТ. URL: <http://www.gukit.ru/page/6497> (дата обращения: 05.04.2016).
5. СПбШТ – школа ТВ. URL: <http://videoforme.ru/faculty/tvschool> (дата обращения: 05.04.2016).
6. Факультет журналистики МИТРО. URL: <http://www.mitro-tv.ru/institute/fakultet-jurnalistiki> (дата обращения: 05.04.2016).
7. *Шестеркина Л. П., Николаева Т. Д.* Методика телевизионной журналистики: учеб. пособие. М.: Аспект Пресс, 2012.
8. Школа Первого канала. URL: <http://www.edu.1tv.ru> (дата обращения: 05.04.2016).

Научный руководитель: *А. Н. Круталевич*, ассистент кафедры телевидения СПбГИКиТ.

УДК 654.197

И. А. Добренькова

ООО «Продюсерский центр «Ленфильм»

С. М. Захаров

АО НПФ «Европейский пенсионный фонд»

М. К. Джанобов

ООО «Агроаспект»

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СЕРИАЛОВ НА РОССИЙСКОМ ТЕЛЕВИДЕНИИ

Одной из самых прибыльных сфер медиабизнеса является телевидение, объединяющее в себе сотни эфирных, кабельных и спутниковых каналов, ретрансляторов и продюсерских компаний, создающих программное наполнение эфира. Во главе угла стоит контент: именно от содержания и качества программ и сериалов, стоящих в эфирной сетке, зависит финансовое благополучие телеканала и его репутация. Так, например, культовые сериалы «Клан Сопрано», «Секс в большом городе», «Игра престолов» и «Настоящий детектив» закрепили за американской кабельной телесетью НВО имидж лидера на рынке качественных многосерийных проектов, снятых в кинокачестве.

В России телеканалы придерживаются горизонтального программирования сериалов, т. е. несколько раз в неделю в одно и то же время идет показ какого-либо сериала, тогда как в США подобным образом транслируются преимущественно дневные теленовеллы, в то время как праймовые сериалы на центральных каналах (CBS, FOX) и кабельных каналах (НВО, FX, AMC) транслируются вертикально: каждая серия сериала идет строго раз в неделю. К примеру, если зритель российского «Первого канала» с понедельника по четверг в 21:30 видит один и тот же сериал, то зритель американского канала CBS по понедельникам смотрит фантастический сериал «Супергерл», по вторникам – приключенческий сериал «Морская полиция: Спецотдел», по средам – реалити-шоу «Последний герой», а по четвергам – ситкомы «Теория большого взрыва» и «Жизнь в деталях».

Преимущество вертикального программирования сериалов заключается не только в том, что за одну неделю зритель может посмотреть несколько проектов разных жанров, основной козырь – возможность корректировать сюжет сериала в режиме реального времени на основании рейтингов и отзывов людей на форумах и в социальных сетях. Поскольку на производство одного эпизода качественного праймового сериала уходит в среднем 6–8 дней, создатели проекта получают возможность готовить каждую серию за неделю до эфира, тогда как российские сериалы могут сниматься за полгода или год до показа, в результате чего повышается риск того, что сериал к выходу теряет актуальность.

Главной проблемой, мешающей внедрению вертикального программирования сериалов в России, является нежелание большинства телеканалов решиться на данный эксперимент. Большинство зрителей настолько привыкли к горизонтальному программированию, что не готовы ждать неделю ради просмотра нового эпизода сериала, поэтому переключаются на другую кнопку.

Первым в России вертикальную сериальную линейку запустил телеканал ОРТ (ныне – «Первый канал») в октябре 2000 г. [2, с. 23] Несмотря на жанровое разнообразие (по понедельникам шел ситком «Ускоренная помощь», по вторникам – милицейский сериал «Убойная сила», по средам – мелодрама «Остановка по требованию», по четвергам – исторический детектив «Империя под ударом») и высокий уровень драматургии и производства, канал уже в декабре был вынужден приостановить эксперимент и вернуться к привычному для отечественного зрителя программированию.

Спустя десять лет генеральный директор «Первого канала» Константин Эрнст решил вновь поэкспериментировать с вертикальным показом сериалов. Для привлечения внимания аудитории были запущены рекламные ролики с лицом канала Иваном Ургантом, который объяснял зрителям, что по понедельникам их ждет сериал «Побег», по вторникам – «Гаражи», по средам – «Голоса», а по четвергам – «Банды» [5].

За производство боевика «Побег», являющегося адаптацией культового сериала канала FOX «Побег из тюрьмы» («Prison Break»), комедии «Гаражи» и детектива «Голоса» отвечала студия «Русский проект», продюсерами выступили Константин Эрнст и Денис Евстигнеев, сериал «Банды» был создан компанией «БФГ-фильм» и спродюсирован Алексеем Пимановым и Юрием Глоцером.

Старт данных сериалов совпал с показом новых серий проекта «Глухарь. Возвращение», ставшего одним из самых рейтинговых сериалов в истории канала НТВ: в 2010 г. средний рейтинг сериала составил 11,3, а средняя доля – 35,3 (максимальных показателей проект добился 6 октября 2010 г. – рейтинг 12,1, доля 36,7), тогда как самый рейтинговый из четверки вертикальных сериалов – «Побег» – прошел со средним рейтингом 5,7 и долей 16,0 (максимальные показатели у серии, вышедшей 27 сентября 2010 г. – рейтинг 7,8, доля 21,4), остальные же сериалы, несмотря на постоянные спады и подъемы, прошли примерно на одном уровне (рейтинг 4,1, доля 11,8) и не смогли превысить среднесуточную долю канала (18,4), в результате чего в тайм-слоте «понедельник-четверг, 21:30–22:30» «Первый канал» в протяжении четырех месяцев показа вертикальной линейки сериалов занимал лишь третье место после НТВ и «России-1» [1, с. 5].

Впоследствии «Первый канал» снова вернулся к горизонтальному программированию вечерних сериалов, однако осенью 2015 г. Константин Эрнст принял решение запустить показ 16-серийного психологического триллера режиссера Юрия Быкова «Метод» (производство – продюсерская компания «Среда», продюсеры – Александр Цекало и Константин Эрнст) в еженедельном режиме. Из-за возрастных ограничений (18+) история следователя-социопата Родиона Меглина, который вместе с напарницей ловит маньяков, выходила после 23:00.

Несмотря на высокую конкуренцию со стороны каналов «Россия-1», где показывали популярное ток-шоу «Воскресный вечер с Владимиром Соловьевым», и НТВ, где выходили имеющие стабильно высокую аудиторию сериалы «Ментовские войны-8» и «Паутина-8», сериал «Метод» занял второе место среди всех каналов по аудитории («все зрители старше 4 лет» в тайм-слоте «воскресенье, 23:00–01:00») со средним рейтингом 3,2 и средней долей 13,2 [3]. Сериал завоевал также популярность в Интернете: на «YouTube» каждую серию посмотрело более миллиона человек. Как результат, канал продлил «Метод» на второй сезон, а также продолжил показывать в ночном воскресном эфире снятые в кинокачестве сериалы («Клим», «Саранча»). Таким образом, «Первый канал» пытается приучить аудиторию к вертикальному программированию сериалов за счет событийных, выбивающихся из стандартов проектов.

Однако на данном этапе рейтинги сериалов, выходящих несколько раз в неделю, гораздо выше, чем у выходящих раз в неделю экспериментальных сериалов «Первого канала». Консервативная телевизионная аудитория не может ждать неделю ради новой серии; в свою очередь, та часть аудитории, которая привыкла к подобному программированию благодаря просмотру зарубежных сериалов в Интернете, телевизор не смотрит и потребляет контент в сети.

На наш взгляд, помимо предложенного Константином Эрнстом варианта, когда несколько каналов-лидеров договорятся и одновременно начнут показ вертикальных сериалов, положение может спасти объединение онлайн-просмотров и телевизионных рейтингов. В данный момент холдинг «СТС Медиа» совместно с «TNS Russia» запустили проект «Big TV рейтинг», призванный измерить аудиторию во всех средах [4]. Если реклама на интернет-ресурсах, предлагающих доступ к телепрограммам и сериалам, будет стоить так же высоко, как и на телевидении, телеканалы получат возможность больше экспериментировать, создавая необычные сериалы вертикального показа, часть которых может стать хитами, провальные же проекты можно будет закрыть или трансформировать с учетом зрительских пожеланий.

Таким образом, если центральные каналы углубятся в производство киносериалов, способных по содержанию и уровню съемки конкурировать с проектами американских кабельных каналов, и при этом стоимость рекламы в Интернете приблизится к стоимости рекламы на телевидении, вертикальное программирование сериалов сможет прижиться в России, что выведет на новый уровень сериальную индустрию страны.

Список литературы

1. *Бородина А. В.* «Доктор Тырса» – он не «Доктор Хаус». Телелидеры // Коммерсантъ. 2011. № 7 (4548).
2. *Полуэктова И.* Доходное «мыло» // Искусство кино. 2001. № 4 (52).

3. Данные по аудитории. URL: <http://www.tns-global.ru/services/media/media-audience/tv/national-and-regional/audience/> (дата обращения: 09.04.2016).

4. Российское ТВ будет учитывать свою аудиторию в онлайн при продажах рекламы. URL: http://www.kinometro.ru/tv/show/name/tns_big_tv_3974 (дата обращения: 09.04.2016).

5. Телепрограмма. 1 канал. URL: <http://www.1tv.ru/shed/> (дата обращения: 09.04.2016).

УДК 7.097

Д. С. Дрожжачих, Д. В. Мерзлякова, В. О. Хандусь
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

АБОРИГЕННОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ АВСТРАЛИИ

В настоящее время даже внутри племен австралийцы переходят на английский язык. По словам Джона Гобсона, доцента, занимающегося исследованиями аборигенной культуры в Университете Сиднея, «среди аборигенных 60 языков сегодня только шесть или семь [...] передаются естественно от родителей к детям» [5]. Общество, однако, заботится о сохранении вековых традиций культуры жителей пятого континента, поэтому у них появился аборигенный телеканал. Благодаря этому с экранов телевизоров заинтересованные зрителя слышат диалекты.

Телеканал NITV (National Indigenous Television) официально работает для аборигенного населения и жителей островов пролива Торреса. Но на самом деле к нему может обратиться любой желающий в сети Интернет.

Одна из основных задач NITV – сохранение аборигенных диалектов. На NITV можно изучать noongar (самый известный диалект местных племен) – в течение пяти лет по каналу идет передача в виде серии телеуроков. Noongar – не единственное австралийское наречие в телевизионном эфире. Каждому из 60 местных диалектов выделяется какое-то время в эфире. Передача «Waabiny Time» обучает обычным словам: «да», «нет» и некоторым терминам языка Noongar, на котором общаются во многих городах Австралии.

«Я понял, работая с общинами коренных народов, что дети не говорят с бабушками и дедушками на их родном языке» [5], – рассказывает агентству AFP продюсер передачи Cath Trimboli. И продолжает: «Язык исчезает, детям не рекомендуется говорить на этом языке. Поэтому появилось желание работать над этим» [5].

Экзотический язык могут изучать как австралийцы, интересующиеся историей и культурой своей страны, так и другие любители всего необычного и редкого. На веб-странице nitv.org.au [7] каждый желающий может ознакомиться с аборигенным телеканалом и заучить несколько слов на языках местных племен.

National Indigenous Television (дословно Национальное аборигенное, или туземное, ТВ) имеет штаб-квартиру в Алис-Спрингс (в самом сухом городе Австралии среди племенных земель) и рабочий офис в Сиднее. В 2005–2010 гг. власти Австралии предоставили 48,5 млн долл. США на развитие канала. Как утверждают представители канала, сейчас его аудитория насчитывается 220 тыс. человек.

Телерадиоканал начал вещание 13 июля 2007 г. со штатом в двадцать человек. В сентябре того же года NITV разрешило подписки на телевизионные услуги, а в ноябре сделало канал доступным на сетях Foxtel и Austar. Телеканал предоставляет такие программы, как спорт, Marngrook-телешоу и передачи о жизни аборигенов нового Южного Уэльса. Кроме того, канал транслирует документальные мини-фильмы об истории и жизни аборигенов, их общин, событий (например, передача «Our stories»). О разнообразных особенностях австралийской национальной кухни информирует передача «Kriol Kitchen».

Сначала вещание осуществлялось только на кабельном и спутниковом телевидении. Но в 2010 г. правительство решило пересмотреть возможности телеканала. Благодаря министру связи и сенатору Стивену Конройю 12 декабря 2012 г. NITV повторно запущен как бесплатный ресурс на канале 34.

SBS – австралийский национальный общественный канал. Впервые запущенная в 1980 г. телесеть сначала вещала только во второй половине дня на Мельбурн и Сидней. В 1985-м г. канал утвердил свое нынешнее название, начал вещание и в первой половине дня, а также значительно расширил территорию своего присутствия. Сегодня постоянная доля аудитории у канала равна приблизительно 6%. Хотя SBS нацелен на вещание мировых новостей, он в то же время информирует о спорте, транслирует документальные и художественные фильмы, драматические и комедийные сериалы.

8 мая 2012 г. SBS получил 158 млн долл. государственного финансирования, из которых 15 млн долл. в год было отдано на новый бесплатный проект про коренных австралийцев, который заменил NITV в июле 2012 г. 90% сотрудников перешли на новый канал. SBS изначально не комментировал, будет ли новый канал придерживаться традиций NITV. NITV был вновь запущен 12 декабря 2012 г. по SBS в качестве бесплатного канала. В день его запуска вышли две прямые трансляции из Улуру (Центральная Австралия, где находится оранжево-коричневая скала Улуру).

SBS является государственной радиотелевизионной сетью, направленной на создание многоязычных и мультикультурных систем массовой информации, которые информируют, развлекают и воспитывают всех жителей Зеленого континента, отражая мультикультурное общество страны. Наглядным примером этому является то, что с 2009 г. австралийская телекомпания SBS осуществляет трансляции Евровидения.

Таким образом, оба канала стремятся к одной цели – освещать национальную культуру. При этом NITV не только прививает современным жителям Австралии культуру и традиции своего народа, но и рассказывает о них всему миру. В то время как SBS, используя идею NITV, дает возможность жителям получать информацию о жизни других стран.

Список литературы

1. Аборигены Австралии. URL: <http://www.redmediatv.ru/history/chas-istiny/aborigeny-avstralii.html> (дата обращения: 09.04.2016).
2. Аничкин О. Н., Куракова Л. И., Фролова Л. Г. Австралия. М.: Мысль, 1983.
3. Архипов В. Я. Австралия в мировой экономике. М.: Вост. лит., 2005.
4. Кудинов В. П. Австралия: парадоксы пятого континента. М.: Знание, 1983.
5. Международное телевидение от А до Я. URL: <http://www.portalostranah.ru/forum/viewtopic.php?f=38&t=18> (дата обращения: 09.04.2016).

6. СМИ Австралии. Телевидение. URL: <http://www.australia-voyage.ru/australia/smi1.php> (дата обращения: 09.04.2016).

7. NITV. URL: <http://www.sbs.com.au/nitv/> (дата обращения: 09.04.2016).

Научный руководитель: *А. Н. Круталевич*, ассистент кафедры телевидения СПбГИКиТ.

УДК 304.2

Е. В. Суворова, А. О. Лукьянова

Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНТЕНТА НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Отечественные телеканалы делятся на федеральные, осуществляющие вещание по всей России, и региональные, которые распространяют свое вещание на отдельные части страны. И те, и другие имеют отличительные черты. В данной работе произведен сравнительный анализ трех федеральных («Первый канал», «Россия» и «5 канал») и трех нефедеральных каналов («Санкт-Петербург», «Life 78» и «Москва 24»).

Открытое акционерное общество «Первый канал» – крупная российская государственная телекомпания. Она охватывает 99,8% населения РФ. Это второй по «старшинству» телеканал СССР и России после петербургского «Пятого канала».

«Первый канал» традиционно занимает самые высокие рейтинги по просмотрам. По целевой аудитории он универсален. Редкая домохозяйка пропустит в его утреннем эфире ежедневные передачи «Жить здорово» или «Модный приговор». Мужчинам по вкусу новостные и аналитические программы. Вечерние сериалы смотрят с удовольствием всей семьей. Поэтому канал подходит для рекламы товаров массового потребления повседневного спроса.

По данным центра «Бренд медиа» среднесуточная доля Первого канала составляет 13,3%, что является одним из наиболее высоких показателей. Рейтинг подсчитывался за январь–февраль 2016 г. Причем целевая аудитория данного телеканала составляет 14–59 лет (по данным blogotv.ru [1]).

«Россия-1» – общероссийский обязательный общедоступный государственный телеканал. Входит в состав Всероссийской государственной телевизионной и радиовещательной компании (ВГТРК) и является ее основным каналом. В анонсах упоминается как канал «Россия».

На телеканале «Россия-1» есть единые эфирные окна для всех региональных филиалов ВГТРК, в которых транслируются местные новостные блоки «Вести–Местное время» и программы собственного производства. «Россия 1» занимает абсолютное лидерство в рейтинге «Бренд медиа». Это 13,8% зрителей. Целевую аудиторию «России» составляют люди старше 25 лет.

«Пятый канал» – российский федеральный телевизионный канал с центром вещания в Санкт-Петербурге. Является преемником Ленинградского

телевидения, позднее ГТРК «Петербург». До ноября 1997 г. осуществлял вещание на города европейской части России, Урала, Западной Сибири, а также сопредельные с Россией области Казахстана, Белоруссии и стран Балтии.

В 1997 г. федеральные сети ГТРК «Петербург – Пятый канал» ука-зом Б. Н. Ельцина № 919 были переданы вновь образованному телеканалу «Культура». «Пятому каналу» были оставлены частоты для вещания только на Санкт-Петербург и Ленинградскую область.

С 1 октября 2006 г. канал восстановил права на общенациональное ве-щание. В настоящее время имеет лицензии в 83 регионах России, помимо северной столицы и Ленинградской области, входит в первый мультиплекс цифрового телевидения России.

В том же рейтинге компании «Бренд медиа» «Пятый канал» занимает до-статочно высокую позицию, где доля телезрителей составляет 5,8%. Целевая аудитория: 25–59 лет.

«Санкт-Петербург» – петербургский городской канал, вещающий на часто-тах кабельного и спутникового телевидения. О его создании объявили осенью 2009 г., когда владелец ТРК «Петербург» заявил о реформе «Пятого канала», вследствие которой увольнению подверглось около 15% сотрудников и коли-чество петербургских новостей резко сократилось. Сначала этот проект плани-ровала взять на себя НМГ. Но позже выяснилось, что новый канал будет соз-даваться при финансовой поддержке правительства Санкт-Петербурга. Гене-ральный директором компании стал бывший председатель Комитета по печати правительства Санкт-Петербурга Ю. Зинчук. Официальным владельцем теле-канала является ОАО «Городское агентство по телевидению и радиовещанию». Первые программы телеканала вышли в эфир 10 октября 2010 г. Подготовка к запуску канала заняла всего 38 дней. Целевая аудитория: 35 лет и старше.

«Life78» – российский региональный информационный телеканал, осу-ществляющий круглосуточное вещание на Санкт-Петербург и Ленинградскую область. Запущен после ребрендинга телеканала «100ТВ» и унаследовал его ча-стоты. В марте 2015 г. телеканал «100ТВ» был продан холдингу «News Media». Тогда же появилась информация о возможном закрытии телеканала. Открытие телеканала многократно откладывалось: сначала дата открытия приходилась на 1 сентября 2015 г., затем откладывалась на 20, 27 сентября. 27 сентября 2015 г. состоялся первый тестовый эфир «Life78» в Санкт-Петербурге. Основателем канала является А. Габрелянов. Слоганами канала являются «Первый город-ской канал новостей для петербуржцев» и «Первый по срочным новостям».

В Санкт-Петербурге канал «Life78» вещает на 31 ТВК с башни Ленин-градского радиотелевизионного передающего центра (ЛРТЦ). Возмож-ность поиска телеканала закреплена у большинства кабельных операторов ТВ. «Life78» имеет сеть вещания в Ленинградской области. «Life78» пере-шел на новый, исключительно новостной формат и еще ищет свою аудито-рию, но по предварительным данным, это люди старше 25 лет.

«Москва 24» – круглосуточный информационно-познавательный телека-нал с центром вещания в Москве. Создан ВГТРК по инициативе мэра города Москвы С. Собянина. Входит в объединенный холдинг московских СМИ «Москва Медиа».

С 1 апреля 2016 г. вещает в формате 16:9. В мае 2011 г. правительство Москвы начало работу над созданием информационного телеканала на базе бывшего телеканала «Столица». 5 сентября 2011 г. в 21:00 телеканал начал

вещание. В первые 30 мин была показана полная презентация канала, а затем вышел первый прямой эфир.

Целевая аудитория: люди старше 35 лет.

Авторами был проведен анализ сетки вещания указанных шести телеканалов в выходной день – воскресенье и будний – понедельник и были выделены два основных компонента. Это развлекательные программы и новостные. Мультфильмы рассматриваются отдельно.

Название телеканала	Россия	Первый	Пятый	Санкт-Петербург	Москва 24	Life 78
Воскресение						
Доля развлекательных программ	78,1% (1125 мин)	85% (1220 мин)	88,5% (1275 мин)	97,2% (1400 мин)	57,2% (825 мин)	–
Доля новостных программ	19,7% (285 мин)	14% (205 мин)	7% (100 мин)	2% (30 мин)	42,8 (615 мин)	100%
Мультфильмы	2,1% (30 мин)	1,1% (15 мин)	4,5% (65 мин)	0,6% (10 мин)	–	–
Понедельник						
Доля развлекательных программ	49,8% (715 мин)	59% (845 мин)	67,3% (970 мин)	58,3 (840 мин)	22,7% (470 мин)	–
Доля новостных программ	50,2% (725 мин)	41% (595 мин)	32,7% (470 мин)	41% (590 мин)	67,3 (970 мин)	100%
Мультфильмы	–	–	–	0,6% (10 мин)	–	–

Таким образом, мы можем выделить особенности телеканалов. В будний день доля развлекательных программ на федеральных каналах в среднем составляет 58%; новостных – 41,5%. В выходной день развлекательные программы занимают 83,7% эфира, новости – 16,3%.

Региональные каналы транслируют в будний день в среднем 30,3% развлекательных программ и 69,7% новостных. А в выходной развлекательных программ – 50,5%, новостных – 49,5%.

Стало быть, процент развлекательного контента в будний день почти в два раза выше у федеральных каналов. Соответственно новостного контента у них же почти в два раза меньше, чем у региональных. В выходной день более чем на 30% на федеральных каналах больше развлекательного контента, и более чем на 30% меньше выходит новостей, чем на региональных. Стоит отметить, что нефедеральные каналы выпускают новости именно своего региона, их больше, а значит, они затрагивают в своих выпусках не самые значимые события, а практически все события, произошедшие за текущий период. Также хочется отметить, что федеральные каналы предназначены для аудитории разных возрастов, их сетка вещания предусматривает даже мультфильмы, хотя и в малом количестве.

Из сказанного можно сделать вывод, что главная особенность федеральных каналов заключается в охвате большей целевой аудитории посредством своего разнообразного контента в то время как региональные каналы осуществляют свою деятельность в основном за счет новостного производства. Целевая аудитория региональных каналов на 10–20 лет старше и исключает детскую и подростковую аудиторию. Важно и то, что федеральные каналы создаются с нуля, тогда как региональные в основном сначала выкупают места в эфире у федеральных и только потом превращаются в полноценные телеканалы. Также региональные телеканалы часто выкупают часть контента федеральных, которые в отличие от них занимаются этим самостоятельно. Интересно и то, что у обоих типов каналов одни и те же владельцы. Например, по инициативе ВГТРК был создан телеканал «Москва 24».

Конечно, масштабы федеральных и региональных телеканалов различны, поэтому именитые специалисты не жалуют организации регионального уровня. Например, корреспондентами «Life78» в основном являются молодые люди, не имеющие опыта работы на телевидении. В связи с этим часто на региональных каналах существуют различия в стиле и тональности вещания. Также большинство нефедеральных каналов ангажированы местными властями (особенно в случае, если администрация области является совладельцем или спонсором).

Тем не менее региональных каналов появляется все больше и больше. Это связано, во-первых, с тем, что они обладают наибольшим доверием населения по сравнению с центральными вещателями, а во-вторых, стоящей перед ними в наше время задачей – быть основным консолидирующим звеном в системе коммуникаций, соединяющим население региона на базе культурных ценностей и самобытных традиций. Местное телевидение сейчас заявило о себе почти на всей территории РФ, становясь не только новым источником развлечений, но и источником местной информации. Создание местных телевизионных новостей впервые дало возможность высказывать мнение и выражать интересы местной аудитории, а это существенно для страны, которая традиционно опиралась на централизованные структуры.

В последнее время в РФ десятки областных и городских телеканалов создают на местном уровне довольно серьезную конкуренцию столичному вещанию.

Журналист М. М. Хучиев пишет: «Сейчас еще нельзя говорить о конкурентной борьбе в полном смысле данного слова между центральными и региональными телекомпаниями, поскольку каждая из них выполняет собственные функции. И если центральные каналы имеют все шансы с пренебрежением относиться к местному телевидению и вовсе не принимать во внимание его существование в информационном пространстве, то региональное телевидение всегда обязано обыгрывать специфику своего существования и соприкосновение с российскими телеканалами наиболее выгодным для себя образом» [2]. Однако бесспорный сегодня процесс регионализации указывает на приоритетность местного источника информации, а значит, возможность вещания для «своего» зрителя дает местному телевидению реальное превосходство, которое необходимо реализовывать и по мере возможностей монополизировать.

Хучиев М. М. также подчеркнул: «На современном этапе большое внимание уделяется региональному телевидению, его функционированию, про-

граммированию, проблематике, развитию, влиянию на мнение и культуру зрителей. Значение регионального телевидения растет с каждым днем» [2]. В отличие от программ центрального телевидения, рассчитанных на определенную усредненную, либо элитарную аудиторию, местное вещание рассматривает проблемы и дает информацию, конкретно связанную с повседневной жизнью зрителей. Невозможно не согласиться с тем, что «если общие проблемы и жанровые особенности программ, выходящих на федеральных каналах, имеют по преимуществу развлекательный или же криминальный характер, то региональное телевидение, программы которого порой сделаны не так профессионально и не так технично, выделяется искренностью и близостью к зрителю» [2].

Список литературы

1. *Зубок А.* Новый телевизионный сезон в России. URL: <http://www.blogotv.ru/?p=401> (дата обращения: 25.03.2016).
2. *Хучиев М. М.* Специфика функционирования регионального телевидения: методика и принципы. URL: <http://www.uecs.ru/uecs57-572013/item/2341-2013-09-11-07-52-59> (дата обращения 26.03.2016).
3. Рекламное агентство «Бренд Медиа». Реклама на телевидении. URL: <http://www.brandmedia.ru/> (дата обращения: 26.03.2016).

Научный руководитель: *А. Н. Круталевич*, ассистент кафедры телевидения СПбГИКиТ.

УДК 791.43–293

А. С. Алфеева

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

ИСТОРИЯ ВИДЕОКЛИПА НА ТЕЛЕВИДЕНИИ

Видеоклип, видеоролик или просто клип (от англ. *clip*) – непродолжительная по времени художественно составленная последовательность кадров. Видеоклипы наиболее часто создаются для рекламы товаров и услуг и для визуального сопровождения аудиокомпозиций на телевидении. Искусство съемки и монтажа видеоклипов – подвид короткометражного киноискусства. По сравнению с короткометражным кино клипы обычно имеют более «дробный» монтаж, и в них более часто используются спецэффекты [1].

Различают постановочные, концертные, анимационные клипы. Клип отображает стилистику музыки, нередко иллюстрирует песню, иногда показывает внешние данные артиста с наиболее выгодных ракурсов. Видеоклип может содержать визуально-сюжетную линию событий истории песни, сценарий на которую подготавливается режиссером-клипмейкером. Видеоклипы в основном снимаются для показа по ТВ или в сети Интернет. Также кадры из клипов часто сопровождают исполнение песни на концертах. Видеоклип или киноклип может быть фрагментом полнометражного фильма [2].

Первая иллюстрированная песня. Когда в кино еще не было звука, авторы песен привлекали слушателей иначе. В 1894 г. издатели нот Эдвард Марк и Джозеф Стерн при помощи электрика Джорджа Томаса создали первую иллюстрированную песню. Выглядело это следующим образом: к каждой песне прилагали 10–15 изображений, которые проецировали на стену во время живого исполнения. Обычно иллюстрированные песни показывали перед кино, а иногда и вместо него. Популярность иллюстраций показала изобретателям, что этим ограничиваться не стоит [3].

Первый клип с музыкой. Первое киноизображение с музыкой появилось практически одновременно с появлением звукового кино. Боб Уитт и Сай Берг продемонстрировали новую технологию компании Vitaphone. Долгое время музыкальные клипы представляли собой просто записанные на пленку исполнителем песни, но самого термина тогда еще не существовало [3].

Первый советский клип. «Черная стрелка» – часть первой советской музыкальной комедии «Веселые ребята». Этот фрагмент демонстрировался и отдельно от фильма. Через шесть лет в «Фильм-концерт» вышел «Пароход», который представлял собой череду отрывков из балета, театральных сценок и музыкальных выступлений. Леонид Утесов и пел, и играл сразу нескольких героев, один из которых разыгрывал комические сценки [3].

Первый музыкальный клип. Первым человеком, назвавшим свое выступление «музыкальным видео», был Джайлс Перри Ричардсон-младший, он же Биг Боппер, – его «Chantilly Lace» впервые получила название «music video», хотя ничего, кроме беседы с девушкой по телефону, в песне не происходит. В номере Элвиса «Jailhouse Rock», вышедшем годом ранее, гораздо больше динамики и даже присутствует подтанцовка. Однако именно Биг Боппер ввел в обиход новое понятие.

Есть мнение, что первый клип сняли к другой песне – «Stranger in Paradise» Тони Беннета, но никаких доказательств существования этого клипа нет [3].

Первый клип с сюжетом. Автор первого клипа с сюжетом точно не известен, однако одной из первых была группа «The Kinks». Похождения незадачливых похоронщиков из рабочего класса позднее вдохновили «Oasis» на похожий черно-белый клип, но культовым его назвать сложно. Клип не допустили к показу на BBC (хотя и не запретили официально) из-за того, что его посчитали безвкусным [3].

Первый клип, снятый одним кадром. В 1965 г. «музыкальные видео» все еще называли «промовидео». Однако уже тогда песни в клипах не только исполняли на камеру. Изначально данное видео задумывалось как вступление к документальному фильму о поездке Боба Дилана в Англию, но «Subterranean Homesick Blues» быстро зажило своей жизнью. Для клипа, снятого с участием Аллена Гинзберга и Боба Ньювирта, заготовили 65 табличек: в какой-то степени Донн Пеннебейкер превосходил появление видео с текстами песен. Но для истории гораздо важнее то, что это был первый музыкальный клип, снятый одним кадром [4].

Первый клип, записанный на видеокассету. Одно из первых видео, которое можно считать полноценным клипом, появилось из-за нехватки времени и наличия принцепов. Когда группу «Queen» пригласили на передачу «Top of the Pops», они сказали, что не смогут прийти из-за тура и не очень хотят выступать под фонограмму (тогда это было обязательным условием). В ито-

ге вышло одно из самых новаторских видео того времени – сочетание эффектов, намек на обложку альбома «Queen II» и многое другое привело к тому, что спустя годы стало считаться первым клипом в истории [4].

Первое неофициальное видео. Первое неофициальное видео было фанатским и связано с одним из главных фандомов – вселенной «Звездного пути». Леонард Нимой (он же Спок) спел о победах, поражениях и облаках под подборку кадров из сериала. Примечательно, что это еще и клип на кавер-версию: песню написала Джони Митчелл. Точная дата премьеры на съезде фанатов «Звездного пути» неизвестна – в одних источниках упоминается 1975 г., в других – 1980 [3].

Первый клип на MTV. Телеканал MTV заработал 21 августа 1981 г. В то время его название еще расшифровывали как «Music Television», и канал запустился довольно ироничным видео. Песня «The Buggles» посвящена людям, оставшимся без работы после окончательной победы телевидения над радио (судя по тексту, из-за появления цветного телевидения), но с учетом контекста она, наоборот, стала практически гимном новой эпохи [3].

Первая музыкальная премьера. Первой премьерой «Thriller» стал благодаря сделке с MTV: Майклу Джексону и режиссеру Джону Лэндису не хватало денег, и телеканал вложил деньги за показ фильма «Making of Thriller» – собственно, где создан фильм, там и премьера. Клип стал единственным, вошедшим в библиотеку Конгресса, получил множество наград, стал самым сложным для певца (превращение в других существ не поощрялось в рядах Свидетелей Иеговы, в числе которых он состоял) и считается одним из самых известных музыкальных видеоклипов в истории. Это неудивительно: в то время это был самый длинный и дорогой клип, для которого даже написали дополнительную музыку [3].

Самый дорогой клип. Клипмейкеры были особенно изобретательными в 1990-е гг., но клипов, которые стали инновационными с технологической точки зрения, практически не было. И именно тогда сняли самый дорогой видеоклип – рекорд до сих пор не превзошел никто. Это «Scream» Майкла и Джанет Джексон. Режиссер клипа Марк Романек каждый раз отвергает слухи о его стоимости, говоря, что примерно в то же время сняли два клипа, которые стоили дороже. По-видимому, он имеет в виду «It's All Coming Back to Me Now» Селин Дион и «Bedtime Story» Мадонны (режиссером последнего тоже был Романек) [3].

Первый стереоскопический клип. В 2010 г., на волне успеха «Аватара» 3D-технологии стали самой популярной темой в поп-культуре. Первый в истории стереоклип снял «will.i.am», лидер «Black Eyed Peas» и любитель стартапов (это видео существует и в обычной 2D-версии). После этого группа давала 3D-выступления, смогла снять при помощи этой же технологии фильм-концерт, а также ставила голограммы вместо участников. Этого им показалось мало, и поэтому год спустя вышло приложение с 360-градусным клипом на ту же песню – впрочем, после этого группа перестала выпускать альбомы [4].

В заключение хотелось бы сказать, что, несмотря на то, что многие приверженцы видеосоставляющей в музыке пытаются убедить окружающих, что основополагающим элементом музыкальной индустрии является видеоклип, следует признать, что музыкальные видеоклипы – это всего лишь коммерческий продукт, направленный на популяризацию главного – самой песни.

Список литературы

1. Видеоклип. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Видеоклип> (дата обращения: 10.04.2016).
2. Музыкальный видеоклип. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Музыкальный_видеоклип (дата обращения 10.04.2016).
3. Краткая история музыкального видео. URL: <http://www.lookatme.ru/mag/live/industry-research/218295-music-videos-101> (дата обращения: 10.04.2016).
4. Краткая история рождения эпохи музыкальных видеоклипов. URL: <http://www.musicantam.com/muz-offtop/muzykalnye-videoklipy-vchera-i-segodnja/> (дата обращения: 11.04.2016).

Научный руководитель: *А. В. Белозерцев*, канд. техн. наук, заведующий кафедрой телевидения СПбГИКиТ.

УДК 654.197.001.33

В. Ю. Почуева

Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

ТОК-ШОУ НА РОССИЙСКОМ ТЕЛЕВИДЕНИИ КАК ОТРАЖЕНИЕ СОЦИОКУЛЬТУРНОГО ПОЛОЖЕНИЯ В СТРАНЕ

Необычайная популярность жанра ток-шоу на российском телевидении волье-неволей наводит на мысль о его особенной социальной роли в глобальной массовой культуре. Ток-шоу по своей силе манипуляции может уступать только новостным программам. Ток-шоу сегодня – это программа, с помощью которой поддерживается иллюзия решения насущных проблем посредством телеэкрана. Где-то это искусственно созданные страсти, которые отвлекают людей от их реальной жизни, увлекают телезрителя в другой более живой и интересный мир. Ведущие программ – лица известные и авторитетные, к мнению и словам которых аудитория склонна прислушиваться и воспринимать все сказанное как неподдельную правду.

Жанр телевизионного ток-шоу в России вот уже на протяжении почти пятнадцати лет не теряет актуальности, и с каждым годом популярность программ этого формата только растет. Тем не менее сегодня многие обвиняют ток-шоу в аморальности, в том, что смоделированные искусственно ситуации, рассматриваемые в ток-шоу, вредят ценностным ориентирам зрителей. Но все-таки нужно отдать должное тому, что ситуации, которые каждый день вся страна видит на телеэкране, дают каждому человеку понять, что его проблема характерна для многих, что он не одинок.

Психологизм формата ток-шоу сконструирован таким образом, что человек всегда ждет, что его проблема хотя и не будет решена в данный момент, но хотя бы будет сформирована модель ее решения. В ток-шоу важно то, что какая бы проблема не стояла во главе программы, она всегда рассматривается как решаемая, т. е. как для героев программ ток-шоу, так и для телезрителей психологический аспект является одним из главных. Обсуждение отросоциальных тем, поиск ответов на волнующие вопро-

сы – все эти аспекты сыграли важную роль в формировании жанра ток-шоу в России.

Жанр ток-шоу в России появился сравнительно недавно – в начале 1990-х гг., в то время как на зарубежном телевидении ток-шоу транслируются с 1960-х гг. Исследователь Э. В. Могилевская соединяет возникновение ток-шоу с постоянным и непрерывным поиском новых форматов телевизионных программ, которые будут интересны телезрителю и будут обеспечивать высокий рейтинг телеканалу [1].

Популярность жанра ток-шоу растет, и об этом свидетельствует трансформация ценностных ориентиров в современном обществе. Анри Вартанов, советский и российский ученый-киновед, автор многих работ по проблемам функционирования средств массовой информации в социуме, пишет: «Ток-шоу, к которому равнодушна массовая аудитория, не имеет права занимать место в эфире. Ток-шоу по природе своей – программа-чемпион, передача, ставящая рекорды» [2].

Ток-шоу относится к числу самых рейтинговых и успешных телепередач, поэтому телевизионные продюсеры заинтересованы в сохранении существующей аудитории и в привлечении новой. Для достижения этой цели приходится прибегать к использованию некоторых способов манипуляторного воздействия на аудитории ток-шоу. Очевидно, что самым мощным средством манипулирования является телевидение. Степень воздействия на аудиторию составляет около 90%. Причины, которые объясняют такую высокую цифру, состоят в следующем:

- телевидение одновременно воздействует на самые важные каналы восприятия: зрение и слух;
- телевидение является самым массовым из средств массовой информации, охватывая даже те слои населения, которые остаются за рамками влияния других СМИ;
- эффект «экранности», т. е. передача информации посредством движущегося изображения, которое сопровождается звуком, обеспечивает человеку прямое чувственное восприятие телевизионных образов;
- персонифицированный характер передачи информации: человек подсознательно понимает, что параллельно с ним передачу смотрят миллионы людей, тем не менее он воспринимает выступление с телеэкрана как обращение лично к нему;
- мгновенность передачи информации: телевидение способно сообщать в аудиовизуальной форме о действии в момент его совершения; у зрителя это создает эффект присутствия на месте события, его непосредственного сопричастия, чем обеспечивается достоверность, документальность и реалистичность телевизионного сообщения.

Для привлечения зрительской аудитории телевидение прибегает к различным техникам. Многие критикуют жанр ток-шоу за то, что оно направлено на «усреднение» массового зрителя, что бытовые и культурно-просветительские ток-шоу в большей степени характеризуют вещательную политику, а не познавательную [3], что выражается в следующем:

- переступаются все нравственные и этические нормы;
- допускается пошлость, ненормативная лексика, низкопробный стиль;
- теряется представление о правилах приличия и поведения в обществе;
- хамство и драки в прямом эфире – залог успеха ток-шоу;
- проявляется неумение считаться с чужим мнением.

Однако не стоит забывать о дискуссии, как о жанрообразующем элементе ток-шоу. «Дискуссия – это коллективное исследование проблемы, в которой каждая сторона, оппонируя мнение собеседника, аргументирует свою позицию и претендует на достижение истины» [4]. Ведение дискуссии в телевизионном эфире невозможно без учета принципов, которые связаны с *этикой спора*. К ним относятся:

- принцип равной безопасности, означающий не причинение ущерба никому из участников;
- принцип адекватности, направленный на то, чтобы воспринятое равнялось тому, что было сказано;
- принцип взаимного уважения.

К сожалению, не всегда эти принципы учитываются журналистами и гостями в студии. Причины этого, как правило, кроются в низком уровне культуры спорящих. Дискуссия не должна переходить в конфликт, модератор ни в коем случае не должен подзадоривать участников и собеседников, а наоборот, должен стремиться к сотрудничеству. В дискуссии неприемлема грубость в высказываниях, агрессия, демонстрация неприязни в любой форме. Даже в самой «горячей» дискуссии при полярных взглядах не принято употреблять бранные слова, эпитеты, которые могут оскорбить противника, насмешки и другие стилистические приемы с отрицательной окраской.

Необходимо отметить, что телевидение является отражением той действительности, которая царит в обществе в тот или иной отрезок времени. Таким образом, общественно-политические условия в стране всегда оказывают влияние на характер развития телевизионных форматов и жанров.

Список литературы

1. *Могилевская Э.* Ток-шоу как жанр ТВ: происхождение, разновидности, приемы манипулирования // Научно-культурологический журнал RELGA. 2012. № 15.
2. *Вартанов А. С.* Актуальные проблемы телевизионного творчества. На телевизионных подмостках: учеб. пособие. М.: КДУ; Высшая школа, 2013.
3. *Вакурова Н. В., Московкин Л. И.* Типология жанров современной экранной продукции: учеб. пособие. М.: МГУ, 2013.
4. *Ершова В. Е.* Стилистические особенности конфликтных текстов ток-шоу // Вестник Томск. гос. у-та. 2012. № 365.

Научный руководитель: *А. В. Белозерцев*, канд. техн. наук, заведующий кафедрой телевидения СПбГИКиТ.

Секция
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
РАДИОТЕХНИКИ

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ЗАПИСИ АУДИОИНФОРМАЦИИ

Звук – физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твердой, жидкой или газообразной среде. Как и любая волна, звук характеризуется амплитудой и спектром частот [7]. В свою очередь, амплитуда колебаний зависит от мощности источника звука. Человек способен слышать звуковые колебания в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц [7] (рис. 1).

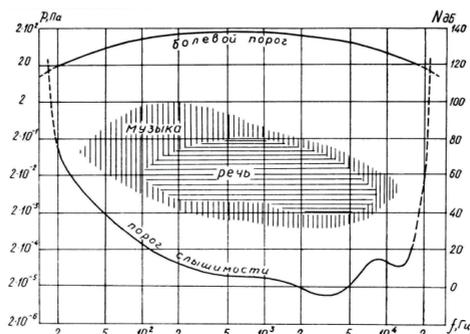


Рис. 1. Область слышимости [6]

Обратимся к истории звукозаписи [12]. Первыми устройствами для записи и воспроизведения звука были механические музыкальные инструменты. Они могли воспроизводить мелодии, записанные на бумагу, дерево, металлические валики и т. д. Однако эти инструменты не способны были записывать произвольные звуки [9].

Способы записи звука развивались и в настоящее время их возможности поражают воображение.

Существуют следующие основные способы записи аудиоинформации:

- механическая запись;
- электромеханическая запись;
- магнитная запись;
- оптическая запись;
- цифровая звукозапись;
- лазерная запись;
- магнитооптическая запись.

Рассмотрим такие популярные в настоящее время способы записи, как лазерная и магнитооптическая.

Лазерная запись. Лазер (от англ. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – усиление света в результате вынужденного излучения) –

прибор, обычно используемый как генератор излучения, который содержит активное вещество и систему возбуждения и управления излучением. При возбуждении активного вещества путем облучения или воздействия электрического поля происходит рекомбинация носителей электрических зарядов и выделяется энергия в виде квантов света [10].

При лазерном способе записи на вращающийся оптический диск с помощью лазерного пучка записываются цифровые сигналы. В результате на диске образуется спиралевидная дорожка, состоящая из впадин (питов) и гладких участков. В режиме воспроизведения лазерный луч, сфокусированный на дорожку, перемещается по поверхности вращающегося диска и считывает с него данные, при этом питы считываются как нули, а гладкие участки – как единицы. Такой способ записи обеспечивает практически полное отсутствие помех, высокое качество звучания, высокую плотность записи и полное отсутствие механического контакта между носителем и считывающим устройством (рис. 2) [9, 10].

Лазерная запись характерна для трех стандартов аудиоформатов: компакт-диск, DVD-Audio и Super Audio CD (рис. 3).

Проект формата «компакт-диск» был представлен в 1979 г. на пресс-конференции компании Philips. Создание формата проводилось совместно с японской фирмой Sony. В 1980 г. был выпущен стандарт Red Book, который затем стал стандартом компакт-дисков. Максимальное время записей составляет 79,8 мин, минимальное время звучания дорожки – 4 с, максимальное количество дорожек – 99 [8].

DVD-Audio – цифровой формат DVD, созданный специально для высококачественного воспроизведения звуковой информации [1]. Проект стандарта был представлен в январе 1998 г. (версия 0.9), а окончательная спецификация DVD-Audio 1.0 была утверждена в 1999 г. Запись на диске DVD-Audio может иметь от 1 до 6 звуковых каналов [1]. Формат DVD-Audio отличается от CD высоким качеством записи, многоканальностью, а также универсальностью. Однако для воспроизведения данного формата необходимо обязательное наличие подключенного монитора или телевизора [2].

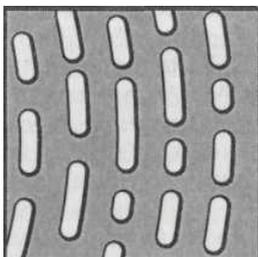


Рис. 2. Фрагмент оптического диска после записи информации



Рис. 3. Логотипы форматов лазерной записи

Формат Super Audio CD (SACD) появился в сентябре 1999 г. Данный формат обеспечивает высочайшее качество записи, полную защиту авторских прав, многоканальное воспроизведение записи, сохранность архивных записей от старения магнитных материалов и т. д. Емкость SACD в 6 раз больше емкости обычного CD (объем – 4,7 Гб), к тому же кроме звука на них можно записывать текст и изображения [4].

Магнитооптическая запись. Запись на носитель ведется при помощи лазерного луча и магнитной головки. Лазер разогревает участок диска на высокой мощности. Затем электромагнитный импульс изменяет намагниченность, создавая отпечатки (питы) на диске. Считывание производится тем же лазером, но уже с использованием меньшей мощности [9].

В настоящее время существует два формата магнитооптической записи: минидиск (MiniDisc) и Hi-MD (рис. 4).

Минидиск – магнитооптический носитель, используемый для хранения любой информации в виде цифровых данных. Наиболее широко данный формат используется для хранения аудиоинформации [3].

Одним из важнейших достоинств минидиска стала его компактность. Его размеры меньше, чем обычного CD, однако один минидиск вмещает в себя до 80 мин записи. Также минидиск имеет высокую надежность хранения записи (обладает повышенной устойчивостью к магнитным полям), быстрый доступ к любому фрагменту записи, а также возможность многократной записи и стирания информации [11] (рис. 5). Однако поддержка данного формата была прекращена в 2008 г., так как минидиски не стали пользоваться популярностью.

В 2004 г. компания Sony представила новую технологию записи – Hi-MD. Данная технология позволяет записать до 1 Гб данных, причем кроме звуко-



Рис. 4. Логотипы форматов магнитооптической записи

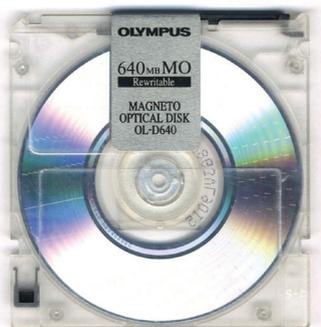


Рис. 5. Минидиск фирмы Olympus



Рис. 6. Минидиск формата Hi-MD фирмы Sony

вой информации можно записать любые файлы: документы, изображения и т. д. Данный формат является продолжением технологии «MiniDisc» [5]. Музыкальные треки записываются на Hi-MD по технологии, которая обеспечивает защиту авторских прав (рис. 6).

В заключение отметим, что технологии и устройства на их основе быстро устаревают, и рассмотренные нами способы записи информации уже сменяются новыми.

Список литературы

1. DVD-Audio – Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DVD-Audio> (дата обращения: 04.04.2016).
2. DVD-Audio формат – Flacme. URL: <http://www.flacme.ru/index/0-5> (дата обращения: 04.04.2016).
3. MiniDisc – Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MiniDisc> (дата обращения: 05.04.2016).
4. SACD – идеальный формат звука. <http://www.videoton.ru/Articles/sacd.html> (дата обращения: 04.04.2016).
5. Sony HI-MD: новый формат минидиска – Tom's Hardware. URL: <http://www.thg.ru/business/20040622/index.html> (дата обращения: 07.04.2016).
6. Вахтов Я. Ш. Слух и речь: консп. лекций / под ред. М. А. Неупкоевой. Л.: ЛИКИ, 1973.
7. Звук – Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Звук> (дата обращения: 04.04.2016).
8. Звуковой компакт-диск – Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Звуковой_компакт-диск (дата обращения: 04.04.2016).
9. История звукозаписи – Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/История_звукозаписи (дата обращения: 04.04.2016).
10. Лазер – Энциклопедия по магнитной записи (от А до Я). URL: http://www.tps-katyuasha.ru/all/enc_09.html (дата обращения: 04.04.2016).
11. Рождение и смерть минидиска – Компьютерра. URL: <http://www.computer.ru/64950/rozhdenie-i-smert-minidiska/> (дата обращения: 06.04.2016).
12. Способы записи информации – Библиофонд, электронная библиотека студента. URL: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=446463> (дата обращения: 04.04.2016).

Научный руководитель: Л. С. Тихонова, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

ОБЗОР БЕСПЛАТНЫХ МОБИЛЬНЫХ ЗВУКОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ANDROID

Программ для записи звука на смартфон для платформы Android на Google Play, выложенных для бесплатного скачивания, достаточно много. В основном функционал этих программ заключается в возможности записи звонков, звука из других приложений, либо работы в качестве диктофона. И все эти программы похожи друг на друга. В данной работе рассмотрены наиболее функциональные приложения среди бесплатных.

Первым рассмотрим приложение **Record mic and call**. Оно предоставляет возможность записывать звук в 4 форматах: WAV (.wav), THREE_GPP (.3gp), MPEG4 (.mp4), AMR (.amr) (рис. 1). Программа записывает как звуки из приложений, так и звонки, используя встроенный микрофон.

Записывать звонки можно, либо зайдя в приложение непосредственно во время звонка, либо настроив автоматическую запись. При желании можно сохранить имя контакта в имени файла. В программе также есть возможность автоматического удаления записанных файлов через один день, семь дней или через месяц. Файлы можно ограничивать по размеру в Мб и по продолжительности. Полученной записью можно поделиться через Skype или Email. Также одной из удобных функций в Record Mic and Call является функция «расписание» для начала записи звука в определенное время или по таймеру. Так как программа бесплатная, в ней присутствует реклама, но достаточно отключить Интернет, и эта услуга будет отключена.

Следующая программа **RecForge** поддерживает три формата: WAV, MP3, OGG и дает возможность конвертировать запись из одного формата

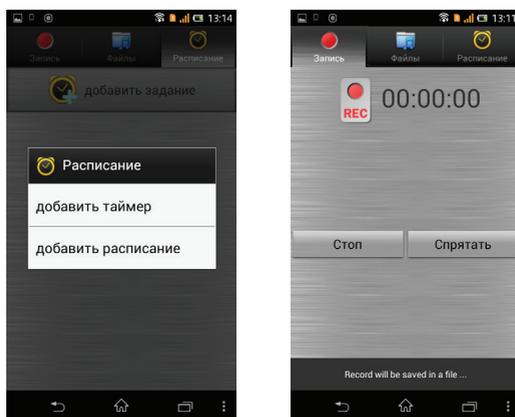


Рис. 1. Record Mic and Call 6.5.0 (Android 1.6 и выше)



Рис. 2. RecForge Lite 2.1.16 (Android 2.3 и выше)

в другой непосредственно в самом приложении (рис. 2). На слух качество записи кажется выше, чем у остальных приложений.

Благодаря возможностям мобильных микрофонов, практически все программы записывают одинаковый звук, в RecForge все же присутствует эффект более качественного звучания. В приложении есть возможность записи с частотами дискретизации 8kHz, 11kHz, 22kHz, 44kHz и 48kHz, в моно и стерео. Программа позволяет создавать и оперировать внутренними папками с записанными файлами. Записывать можно и звонки, и игры, и пользоваться диктофоном, но в отличие от Record Mic and Call нет автоматического запуска при звонках.

Программа **Easy Voice Recorder**, как говорится в названии, действительно проста в освоении (рис. 3). Выберите функцию, в качестве которой вы хотите использовать данное приложение, и все остальные параметры про-

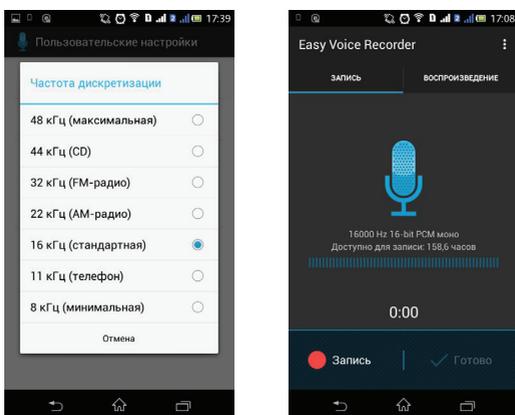


Рис. 3. Easy Voice Recorder Pro 1.9.1.4 (Android 4.1 и выше)

граммы подстроится автоматически. В ней вы можете записать звук в форматах wav (PCM) и m4a (AAC), или в формате 3gp (AMR) для экономии места.

Отличительной чертой Easy Voice Recorder является встроенная функция преобразования речи в текст, но работает она пока только с английским и испанским языками. При параллельном использовании других приложений в Easy Voice Recorder можно приостановить воспроизведение записи, если те другие приложения пытаются проиграть звук. Программа отлично работает в качестве диктофона, и если вам не нужны сотни лишних функций, то это один из лучших вариантов.

Приложение **InCall Recorder** (рис. 4) записывает звук только в формате MP3, в нем нет возможности задать расписание для автоматической записи и установить таймер. В этом приложении отсутствует виджеты для рабочего стола, но в них и нет необходимости, так как кнопка InCall Recorder располагается непосредственно в окне звонка. Благодаря хорошо продуманной помощи, запускающейся при первом включении, приложение InCall Recorder очень просто в освоении.

В проигрывателе записей программы присутствует эквалайзер, и можно улучшить свою же запись, покрутив частоты. Наличие кнопки в окне звонка делает эту программу очень удобной для записи звонков. После выполнения всех необходимых действий в приложении, записью можно поделиться через Email или Dropbox.

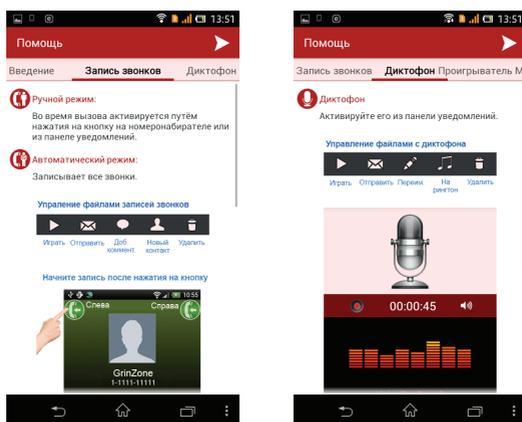


Рис. 4. InCall Recorder 1.3 (Android 2.3.3 и выше)

Приложение **Smart Voice Recorder 1.7.1** (Android 2.3 и выше) (рис. 5) по основным функциям особенно не отличается от выше перечисленных. Однако у Smart Voice Recorder есть полезная функция «пропуск тишины», которую редко можно встретить в бесплатных приложениях. Это означает возможность записи речи, не беспокоясь о том, насколько длинные паузы вы делаете между фразами. Все «кусочки тишины» программа вырежет автоматически. Можно задавать порог тишины вручную. Это пригодится, если вы записываете звук в общественном месте и необходимо обрезать гул на фоне. Так что данное приложение может быть полезно журналистам или студентам (для записи лекций).

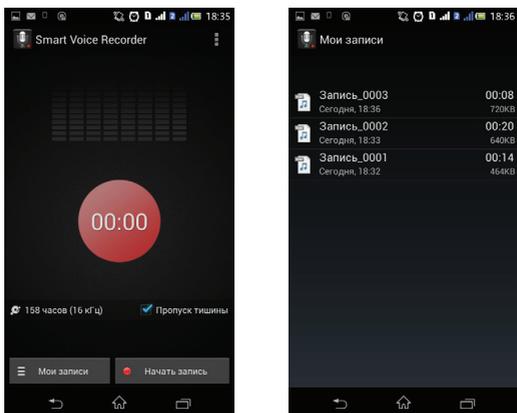


Рис. 5. Smart Voice Recorder 1.7.1 (Android 2.3 и выше)

Приложение **Voice Recorder** обладает довольно симпатичным интерфейсом и достаточным функционалом (рис. 6). Присутствует автоматическая запись звука при запуске приложений, настройки качества звука, настройки световой индикации статуса записи и т. д. Но минусом является то, что программу нельзя использовать для записи звонков, она работает только как диктофон. Тем не менее программа отлично выполняет возложенные на нее обязанности. Все необходимые настройки (частота дискретизации, битрейт, устройство и формат записи) имеют хороший диапазон регулирования и удобно структурированы в меню параметров.

Приложение **Voice Changer** (рис. 7) – это целый пакет программ для вашего смартфона на платформе Android. Функция записи звонков отсутствует, но работа в качестве диктофона осуществляется на должном уровне. Отличительной чертой пакета является огромный набор эффектов для постобра-

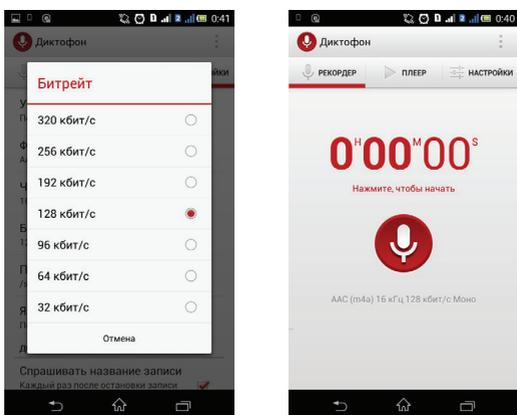


Рис. 6. Voice Recorder (Android 2.3 и выше)

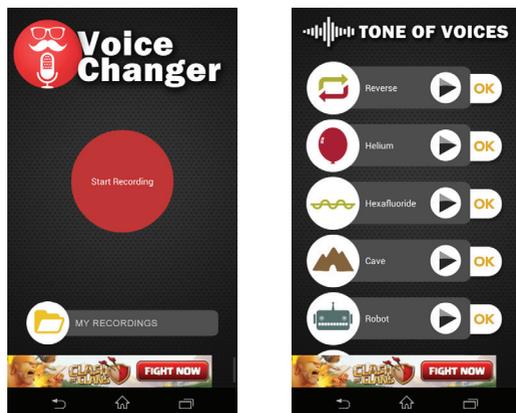


Рис. 7. Voice Changer

ботки записанных звуков, например эхо, ревербератор и так далее. Можно сделать свой голос похожим на голос инопланетянина, Дарт Вейдера и т. д.

В заключение, протестировав внушительное количество программ из категории «запись звука», можно сделать вывод, что большого отличия в их работе нет. В наше время нет необходимости покупать отдельные диктофоны, да и устанавливать платные приложения для записи звонков тоже не имеет смысла. Ведь существует широкий выбор качественных, многофункциональных бесплатных программ.

Самым удобным приложением для записи звонков является InCall Recorder благодаря кнопке прямо в окне разговора и хорошему встроенному руководству. Если же необходима функция «запись по расписанию», то лучше воспользоваться Record Mic and Call. Если вам нужно использовать записи с высоким качеством, то приложение RecForge поможет получить максимум качества из вашего микрофона. Если же вы хотите приобрести качественный диктофон, то Easy Voice Recorder будет идеальным вариантом. А программа Smart Voice Recorder, благодаря функции «пропуск тишины», будет полезна для записей лекций преподавателей, которые любят долго думать между фразами. Если вам захочется поэкспериментировать с изменением голоса, то вы можете воспользоваться приложением Voice Changer, и наслаждаться сотнями эффектов.

Список литературы

1. TOP лучших приложений для записи звука на Android // Trashbox. URL: <https://www.trashbox.ru/link/top-android-record> (дата обращения 05.04.2016)
2. Приложения для работы со звуком // Google Play. URL: <https://www.play.google.com/store> Доступ свободный (дата обращения 05.04.2016)
3. Приложение со звуками на андроид // imgur. URL: <http://www.imgur.com/9HJNZRC> (дата обращения: 06.04.2016).

Научный руководитель: *Л. С. Тихонова*, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

ЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ

Ламповая звукотехническая аппаратура стала популярной с момента своего появления как в профессиональной, так и в бытовой сферах. Первые кинотехнические усилители сигналов звуковой частоты, в том числе и усилители мощности (УМСЗЧ) использовали в качестве активных приборов электровакуумные лампы.

Цель работы – проектирование высоко-качественного двухканального устройства, предназначенного для усиления звуковых сигналов в бытовых условиях, чем объясняется значение выходной мощности, равное 3 Вт.

Другие исходные данные устройства: $U_{вх}=500$ мВ; частотный диапазон 50–15 000 Гц; $R_{н}=6$ Ом; $M_{н,доп} = M_{в,доп} = 3$ дБ; $K_{г}=0,4\%$; предусмотреть плавную регулировку усиления с глубиной $N=20$ дБ.

Первоначально был проведен анализ схемотехнических решений ламповых усилителей мощности. Были рассмотрены схемы усиления напряжения на триодах и пентодах, а также схемы усиления сигнала по мощности (рис. 1).

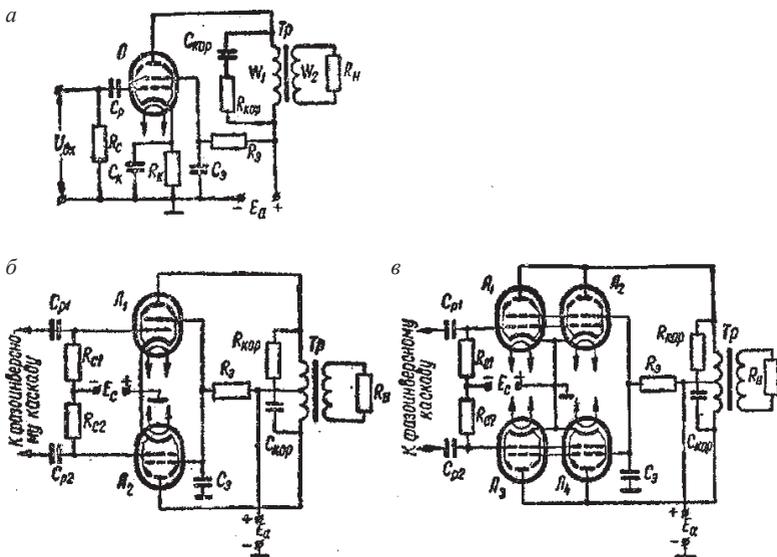


Рис. 1. Схемы каскадов усиления мощности:

а – однотактная; б – двухтактная;

в – двухтактная с параллельным включением ламп в каждом плече

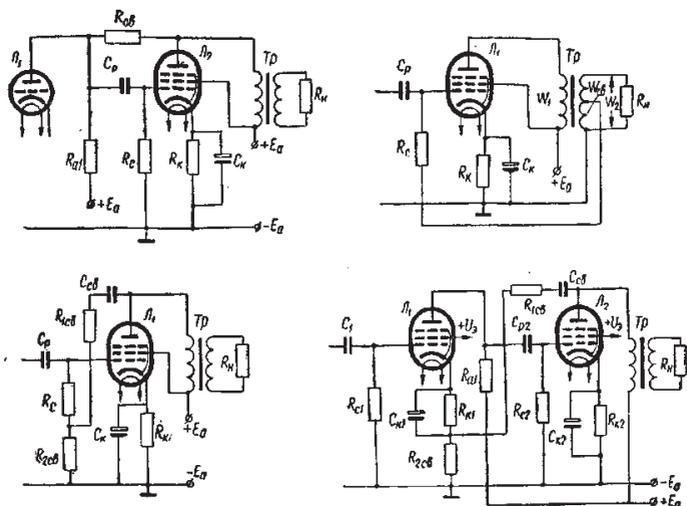


Рис. 2. Основные схемы подачи напряжения обратной связи

Далее были рассмотрены способы подачи напряжения обратной связи в однотактных оконечных каскадах, использование которой позволяет улучшить качественные показатели работы усилителя (рис. 2).

Также были рассмотрены способы выполнения регулировки усиления и тембра в каскадах предварительного усиления (рис. 3).

В ходе эскизного проектирования была проведена разработка технического задания на проектирование, выбрана структурная схема усилителя, рассчитано распределение частотных и нелинейных искажений между каскадами усилителя.

Структурная схема усилителя проста, как все схемы усилителей мощности. Каждый канал содержит по три блока: каскад предварительного усиления, регулятор громкости и оконечный каскад.

На рис. 4 представлена электрическая принципиальная схема УМСЗЧ как результат определения режимов и расчета параметров схемы усилителя,

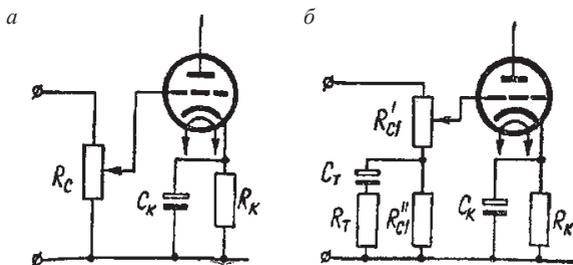
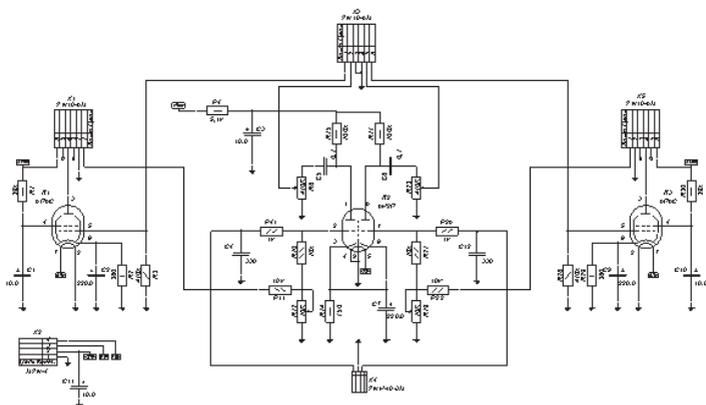


Рис. 3. Схемы регулировки усиления (а) и тембра (б)



ЛАБОРАТОРНЫЕ МАКЕТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

В ходе практической подготовки бакалавров в области радиотехники наиболее оптимальным вариантом организации обучения является выполнение части лабораторных работ с использованием реальных физических макетов различных устройств.

Целью работы была разработка учебного пособия, содержащего теоретические сведения и методические рекомендации практического исследования функциональных устройств на основе операционных усилителей (ОУ).

Первоначально был проведен анализ основных свойств и характеристик современных интегральных операционных усилителей.

В ходе эскизного проектирования была разработана структура пособия, разбитая на разделы «Основные теоретические сведения» и «Экспериментальные исследования», содержащие методические указания к выполнению трех лабораторных работ:

Первый раздел теоретических сведений посвящен усилительным устройствам: ОУ может применяться в инвертирующем, неинвертирующем включении и в частном случае последнего – включении с единичным усилением. Каждое включение имеет свои особенности (рис. 1).

Второй раздел посвящен суммирующим устройствам, имеющим широкое применение, в том числе в качестве масштабного сумматора.

В выбранной схеме сумматора усилитель включен по инвертирующей схеме, имеющей ряд преимуществ (рис. 2).

Используя два генератора гармонических колебаний, можно получить стандартизованные испытательные сигналы для измерения амплитудной нелинейности усилителей мощности сигналов звуковой частоты: для измере-

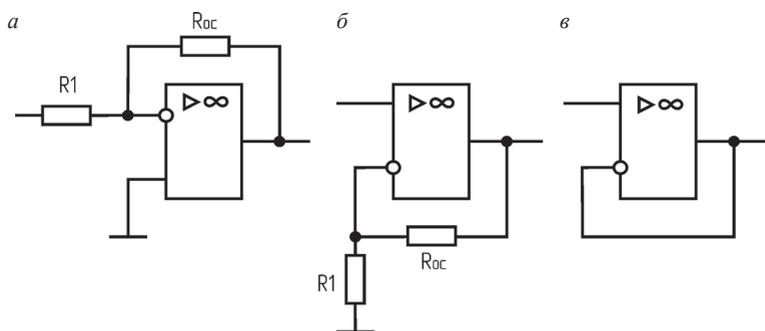


Рис. 1. Схемы усилительных устройств на основе ОУ:

а – инвертирующий усилитель; *б* – неинвертирующий усилитель; *в* – повторитель

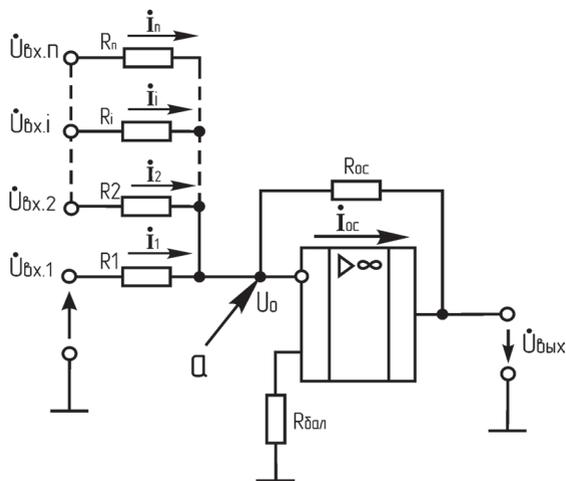


Рис. 2. Схема инвертирующего сумматора с масштабными коэффициентами

ния интермодуляционных искажений; для измерения частотно-разностных искажений; для измерения динамических переходных искажений.

Еще одним примером использования сумматора является реализация цифроаналогового преобразователя.

Используя, например, первые три входа сумматора можно преобразовать информацию из восьмеричной системы счисления в восемь различных десятичных цифр от 0 до 7. Схема макета помимо самого суммирующего устройства содержит четыре источника «единичного» сигнала с уровнем 5 В для реализации цифроаналогового преобразователя.

Третий раздел теоретических сведений посвящен дифференцирующим устройствам. Были рассмотрены принципы работы различных схем дифференциаторов от простейшего RC-звена до скорректированного устройства на ОУ.

Примером использования устройства может служить реализация полосового фильтра первого порядка. АЧХ фильтра имеет один ноль и два полюса на частотах, значения которых зависят от номиналов пассивных элементов схемы (рис. 3).

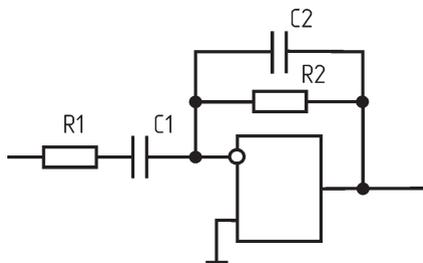


Рис. 3. Схема активного полосового фильтра



Рис. 4. Внешний вид макета дифференцирующего устройства

Экспериментальные исследования содержат три отдельные части – три лабораторных работы.

Для их выполнения были разработаны, собраны и проверены на работоспособность три разных макета, использующих один и тот же типонаминал ОУ.

Конструктивно все макеты выглядят одинаково, имеют квадратную форму с размерами 150×150 мм. Схема макета дифференцирующего устройства представлена на рис. 4.

Для проведения зачета по всем трем лабораторным работам были разработаны контрольные вопросы.

Все пункты трех программ экспериментальных исследований были пунктно выполнены, что позволило провести некоторые корректировки как в схемах макетов, так и в алгоритмах выполнения работ.

Научный руководитель: *Л. С. Тихонова*, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ

УДК 791.45

Л. А. Марков, А. А. Стратонников
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ОБЪЕМНОГО ЗВУКА VARCO

В современном мире практически все технические решения быстро устаревают. Нередко это связано со снижением популярности, однако чаще сравнительно новое решение оказывается лишь переходным к какому-то другому, более совершенному. В данной работе рассмотрена одна из последних разработок в области трехмерного звука, Varco AudioMax® 0, нацеленная на стандартизацию, развивающая систему Audio-3D®, представленную в рамках Недели науки 2015.

© Марков Л. А., Стратонников А. А., 2016.

Varco AudioMax® аналогична системе Audio-3D®, так как она имеет три уровня: уровень окружения (Surround), верхний (Height) и наивысший (Top), однако следует отметить несколько существенных изменений.

1. Появление понятия «платформа», который представляет собой многоканальный микс, который может быть в формате Audio-3D® 13.1.

2. Появление понятия «объект», который представляет собой одно- или многоканальный микс, который содержит звук какого-то конкретного источника. Объекты также могут иметь объемный (трехуровневый) характер и быть записанными в формате Audio-3D® 13.1. Примечательно, что платформу можно использовать в качестве объекта.

3. Появление понятия «зона», которая представляет собой виртуальный канал исходной записи, который может быть передан на какой-то конкретный канал в конкретной конфигурации (зале). В особенных случаях некоторые зоны могут не звучать вовсе.

Следует отметить, что существенным преимуществом перед другими объектно-ориентированными системами в AudioMax® объект может иметь многоканальный микс, который будет передавать реальные отражения этого объекта, а не пытаться воссоздать его программно.

Кроме того, сюда можно отнести более гибкое преобразование зон в каналы, которое позволяет по определенным правилам воспроизводить звук формата AudioMax® в более простых конфигурациях, таких как Audio® 11.1. Также можно отметить, что для переоборудования системы в AudioMax® требуется только процессор и, возможно, несколько усилителей (рис. 1).

Разработчик предлагает 3 варианта AudioMax®: 20.1, 22.1, 26.1. Все они базируются на Audio-3D® 11.1. При переходе от Audio 11.1(впрочем, как и 13.1) к 20.1 следует выделить разделение каналов окружения первого и второго уровня на три пары зон (рис. 2):

- 1) боковой (side) окружения (surround) передний (front);
- 2) боковой (side) окружения (surround) задний (back);
- 3) тыловой (rear) окружения (surround).

В действительности эти три пары существуют и слева и справа. Кроме того, происходит деление канала третьего уровня на левый и правый.

Изменения между последующими вариантами AudioMax® не столь существенны: переход от 20.1 к 22.1 изменяет только наивысший уровень, деля каждую из присутствующих зон на переднюю и заднюю, а переход к 26.1

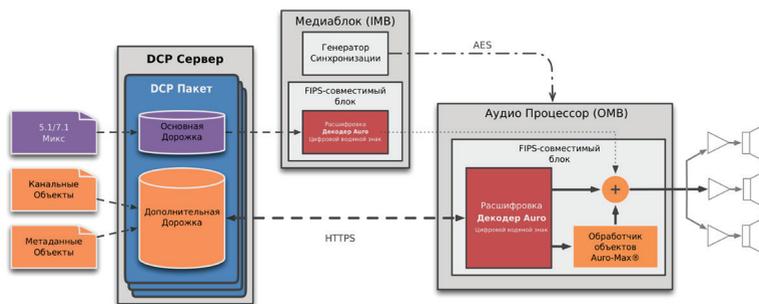


Рис. 1 Высокоуровневая блок-схема системы Varco AudioMax®

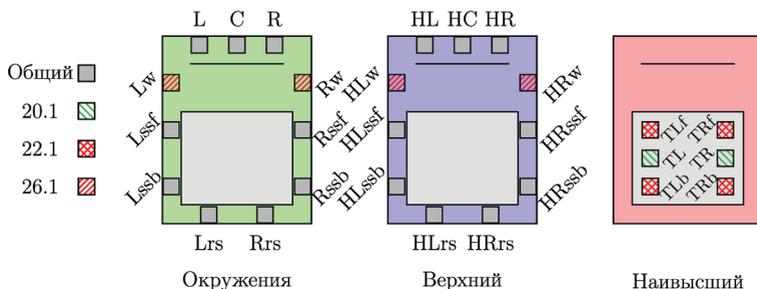


Рис. 2. Зоны и уровни AuroMax®

добавляет в картину зоны просцениум (wide), располагающийся в уровнях окружения и верхнем между закранными и боковыми зонами.

На семинаре «Кино Экспо 2015» представитель компании «Dolby» вел переговоры с компанией «Barco» о том, чтобы сделать совместимыми системы Dolby Atmos® и Barco AuroMax® с целью обмена фильмами во всех кинотеатрах, оборудованных этими системами.

По нашему мнению, именно система Barco AuroMax® 26.1 по размещению зон наиболее приближена к системе Dolby Atmos®.

Список литературы

1. Barco NV, Auro Technologies NV, «AuroMax® Next generation Immersive Sound System» // White Paper, 2016.
2. Жирова Е. А. Переоборудование кинотехнологического комплекса кинотеатра «Мираж Синема» в ТЦ «Атлантик Сити», ВКР. СПб.: СПбГУКИТ, 2015.

Научный руководитель: В. Д. Грибов, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКИТ.

УДК 004.932.2

С. В. Мирзаянова

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА АУДИОСИГНАЛОВ

Анализ звуковых записей потребовался практически одновременно с появлением самой звукозаписи. Поначалу это было вызвано необходимостью совершенствования аппаратуры записи и воспроизведения, а затем и методов обработки звуковой записи.

Еще в 30-х гг. XX в. ученые всего мира начали анализировать изображения, получаемые при фотографической записи звукового сопровождения на киноленту. Эти опыты привели к тому, что анализ графического изображения звука стал использоваться и при синтезе звука. Появились методы

спектрального синтеза и новые инструменты – синтезаторы, использующие данные методы. С развитием компьютерной техники стали появляться цифровые и виртуальные синтезаторы. Существуют программы, позволяющие создавать звук с помощью рисования. Для их создания потребовалось выполнение детального графического анализа аудиосигналов.

В данной работе рассматривается задача представления аудиофайлов и аудиофрагментов в удобном для анализа виде. Целью является определение различных характеристик звуковых файлов и фрагментов, например частотных и временных характеристик, проверка на идентичность фрагментов.

В нашем случае под «удобным для анализа видом» понимается представление аудиофайлов в графическом виде. Применение видимого спектра сигнала выбрано по ряду причин. Во-первых, доказано, что человек наиболее эффективно воспринимает информацию с помощью зрения, так как зрение и осязание являются двумя самыми развитыми чувствами человека. Во-вторых, из психологических исследований известно, что процент визуалов (людей, воспринимающих большую часть информации с помощью зрения) значительно выше, чем аудиалов (людей, в основном получающих информацию посредством слуха). Также известно, что большинство людей считают зрение наиболее важным источником информации, и скорее готовы смириться с потерей слуха, чем с потерей зрения. Кроме того, визуальное отображение хорошо анализируется математическими методами, можно проводить различные преобразования и быстрый поиск (метод наискорейшего спуска, метод сопряженных градиентов, метод Ньютона–Рафсона, квазиньютоновские методы и т. д.).

Графический анализ в среде MATLAB Signal Processing Toolbox. В широко известной среде MATLAB имеется хороший набор инструментов для визуализации сигналов во временной и частотной областях, а также осуществляется быстрое преобразование Фурье для спектрального анализа.

Помимо искусственно генерируемых сигналов в MATLAB можно загрузить любую запись голоса или музыкальной композиции для анализа. Также можно производить некоторые виды обработки сигналов: фильтрацию, свертку, модуляцию, передискретизацию и др. Однако для обработки музыкальных произведений данные виды обработки не подходят (рис. 1).

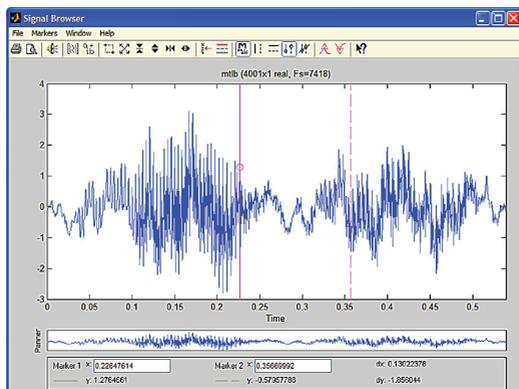


Рис. 1. Визуализация речевого сигнала во временной области

Они необходимы для изучения свойств сигналов и могут быть полезны при анализе речи. При этом алгоритмы из комплекта инструментов Signal Processing Toolbox можно использовать для разработки собственных алгоритмов обработки аудио.

К ключевым возможностям среды MATLAB относятся:

- сигналы и модели линейных систем;
- преобразования сигналов, включая быстрое преобразование Фурье (FFT), дискретное преобразование Фурье (Discrete Fourier Transform (DFT)) и оконное преобразование Фурье (short-time Fourier transform (STFT));
- функции для генерации импульса и волны, включая синус, квадрат, пилообразный сигнал и гауссовский импульс;
- метрики передачи, импульсные метрики и функции оценки уровня для двухуровневых волн;
- статистические методы измерения сигнала и функции, реализующие метод скользящего окна;
- алгоритмы оценки спектральной плотности мощности, включая периодограмму, алгоритмы Уэлча (Welch) и Юл-Уолкера (Yule-Walker);
- методы проектирования цифровых FIR и IIR, анализа и внедрения;
- методы проектирования аналоговых фильтров, включая Баттерворта (Butterworth), Чебышева (Chebyshev) и Бесселя (Bessel);
- линейное предсказание и параметрическое моделирование временно-го ряда.

Интерактивная обработка сигнала в среде MATLAB. Signal Processing Tool (SPTool) – интерактивный инструмент, который позволяет решать основные задачи анализа сигналов. Из интерфейса SPTool можно запускать другие инструменты, включая Signal Browser, Filter Design and Analysis Tool (FDATool) и Spectrum Viewer (рис. 2).

При помощи этих инструментов можно:

- импортировать и визуализировать одноканальные или многоканальные сигналы во временной области;
- определять характеристики сигнала, такие как наклон и амплитудное значение;
- проигрывать аудиосигналы с помощью звуковой платы ПК;

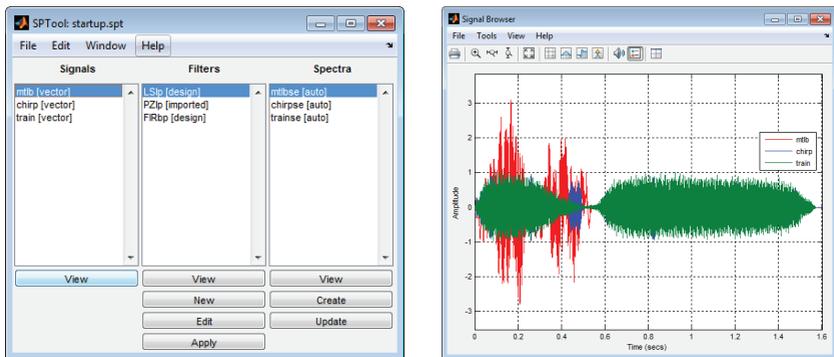


Рис. 2. Интерфейс инструмента SPTool и окно временного представления сигнала

- проектировать или импортировать FIR- и IIR-фильтры различной длины и типов отклика;
- просматривать характеристики разработанного или импортированного фильтра, включая амплитуду, фазу, импульсный отклик и отклик на единичное ступенчатое воздействие;
- применять фильтр к выбранному сигналу;
- выполнять графический анализ сигналов в частотной области при помощи различных методов спектральной оценки.

Спектральный анализ является ключевым для понимания характеристик сигнала и может быть применен ко всем типам сигналов, включая радиолокационные сигналы, аудиосигналы, сейсмические данные, данные с финансовой биржи и биомедицинские сигналы. Signal Processing Toolbox предоставляет функции MATLAB для оценки плотности спектральной мощности, среднеквадратического спектра, псевдоспектра и средней мощности сигналов.

Функции спектрального анализа из комплекта инструментов позволяют выполнять расчет и просмотр сигналов, представленных:

- в частотно-временном виде при использовании функций спектрограмм;
- в виде плотности спектральной мощности;
- в виде среднеквадратического спектра.

Графический анализ при записи музыки на примере использования модуля Izotope Insight. Insight предоставляет набор инструментов для анализа и измерения основных параметров аудио. Он служит для визуального отображения изменений характеристик звукового сигнала, происходящих в процессах сведения и мастеринга.

Insight – это инструмент для поиска и устранения ошибок в проблематичных миксах, с возможностью проверки соответствия микса, находящегося в работе, с готовыми коммерческими миксами (рис. 3).

Insight включает в себя следующие модули: измеритель громкости, двухмерную и трехмерную спектрограмму, спектральный анализатор, вектороскоп, многоканальный сюрраундскоп и график истории громкости.

Главное достоинство подобных анализаторов в том, что они позволяют следить за тем, что происходит в миксе, с помощью не только слуха, но



Рис. 3. Все модули плагина iZotope Insight

и зрения. При этом данный модуль работает как приложение к программе, в которой осуществляется запись и редактирование звуковых данных. Это удобно, так как просмотр графиков, анализ аудиосигнала и его редактирование можно осуществлять параллельно в одном общем рабочем пространстве.

Ключевые возможности iZotope Insight:

- Инструменты измерения громкости, которые соответствуют стандартам ITU-R BS.1770-1, ITU-R BS.1770-2, ITU-R BS.1770-3 и EBU R128, а также измерители уровня по методам True-Peak, RMS и K-system с регулируемым порогом обрезания, в том числе и многоканальные измерители громкости и уровня, для тех, кто работает с объемным звуком.

- Аудиовекторскоп служит для исследования стереообраза. Есть многоканальная версия – сураундскоп. Информация отображается в полярных координатах или фигурами Лиссажу. Анализ картинки векторскопа помогает определить, имеется ли моносовместимость, т. е. возможно ли будет перевести трек стерео в моно без потери качества. Это необходимо делать, так как при выпуске аудио контента нет гарантии, что при его прослушивании будет использоваться только стереоаппаратура. Должна быть обеспечена возможность проигрывания трека в моно.

- Спектральный анализатор, содержащий масштабируемые шкалы с возможностью выделения определенной области.

- Спектрограмма, имеющая возможность двухмерного и трехмерного отображения АЧХ на определенном промежутке времени, служит для определения общего частотного заполнения. На спектрограмме хорошо видно, каких частот слишком мало или слишком много.

- Запись автоматизации на дорожки секвенсора для выявления моментов времени, в которых происходит клиппирование, т. е. перегруз сигнала.

- Дополнительный плагин Meter Tap, который позволяет вам направлять аудио потоки в спектрограмму инсайта из любой части цепочки прохождения сигнала в секвенсоре.

- Система пресетов, т. е. предустановок, с богатым набором полезных заводских предустановок, которая позволит сохранять и загружать настройки для удобства работы с инсайтом.

В настоящее время графический анализ аудиоданных служит хорошим помощником при создании качественных аудиозаписей для разных областей: кинематографа, записи музыки, радиовещания. Кроме того, графический анализ аудиоданных используется в системах распознавания речи, служащих для идентификации пользователей и построения систем защиты.

Настройка акустических систем и концертных помещений также не обходится без зрительной акустики временных и спектральных характеристик сигнала. При создании акустических систем их АЧХ выравниваются эквалайзером в безэховой камере. Однако при размещении акустической системы в любом помещении возникают отражения, которые изменяют общую картину АЧХ и требуют дополнительной настройки. Данная настройка производится звукоинженерами с помощью программ, отображающих изменение спектра в реальном времени (рис. 4).

Современные программные анализаторы спектра способны отображать различные частотные параметры и характеристики, раскрывающие качество звучания звуковых систем. Частотная коррекция была, есть и будет атрибутом звукоусиления, но получить максимальную отдачу от применения эквалайзера

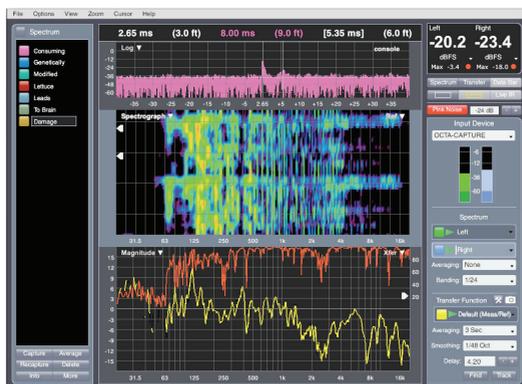


Рис. 4. Программа Smart для акустической оценки отражений в помещении

можно, лишь поняв акустические механизмы, стоящие за отклонениями в графиках, и используя полезные виртуальные «инструменты» для их устранения.

Список литературы

1. Signal Processing Toolbox // Matlab.ru. URL: http://www.matlab.ru/products/signal-processing-toolbox/signal-processing-toolbox_rus_web.pdf (дата обращения: 03.04.2016)
2. iZotope Insight Help Guide // iZotope.com. URL: <https://www.izotope.com/en/support/support-resources/documentation/> (дата обращения: 27.03.2016).
3. Технология «рисованного звука»: синтез звука в СССР 30-х годов XX века // habrahabr.ru. URL: <https://www.habrahabr.ru/post/182778/> (дата обращения: 02.04.2016).
4. Что эквалазируем? // sound-consulting.net, URL: http://www.sound-consulting.net/ru/?page_id=1339 (дата обращения: 04.04.2016).
5. Дворко Н. И., Динов В. Г., Шугаль С. Г., Кубицкий Ю. А. Основы звукорежиссуры: творч. практикум / под ред. Н. И. Дворко. СПб.: СПбГУКиТ, 2005.

Научный руководитель: Л. С. Тихонова, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

УДК 681.327

А. П. Мосина, Е. А. Доленджашвили
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРЕНОСНЫЕ УСТРОЙСТВА ЗАПИСИ И ОБРАБОТКИ АУДИОСИГНАЛОВ

Современный мир трудно представить без устройств записи аудиосигналов. Они встроены во многие устройства, которые нас окружают, поэтому каждому из нас сейчас доступна та или иная форма аудиозаписи.

© Мосина А. П., Доленджашвили Е. А., 2016.

К основным методам звукозаписи относятся:

- механическая;
- магнитная;
- оптическая и магнитооптическая звукозапись;
- запись на твердотельную полупроводниковую флэш-память.

Обратимся к истории звукозаписи. Еще в Древней Греции в IV–II вв. до н. э. создавали аппараты, которые воспроизводили звуки. Их использовали в самодвижущихся театрах, а движение кукол сопровождалось звуками, которые превращались в мелодию.

В эпоху Возрождения появились механические музыкальные инструменты: шарманки, музыкальные шкатулки. К сожалению, эти устройства были всего лишь автоматами, воспроизводящими искусственно созданные звуки, а сохранение живых звуков удалось осуществить значительно позже.

Первым настоящим звукозаписывающим устройством стал фонограф Томаса Эдисона, изобретенный в 1877 г. (рис.1). Фонограф позволял как записывать звуковую информацию на валик, так и воспроизводить ее после записи тем же самым аппаратом. Первой записью человеческого голоса стала детская песенка «У Мери была овечка» в исполнении самого Эдисона. 19 февраля 1878 г. Эдисон получил патент. Его фонограф произвел фурор во всем мире.

В практически неизменном виде фонограф просуществовал несколько десятков лет. Как аппарат для записи музыкальных произведений он перестал выпускаться лишь в конце первого десятилетия XX в., но еще практически 15 лет использовался в качестве диктофона. Валики к нему выпускались вплоть до 1929 г.

В 1887 г. изобретатель из США Эмиль Берлинер запатентовал изобретение, названное граммофоном (рис. 2). В нем вместо валиков использовались диски, ставшие прототипом известных ныне пластинок. С помощью таких дисков можно было изготавливать копии в виде металлических матриц. Одна матрица давала возможность напечатать целый тираж – не менее 500 пластинок. Это было главное преимущество грампластинок по сравнению с валиками Эдисона, которые тиражировать было невозможно.



Рис. 1. Фонограф Томаса Эдисона

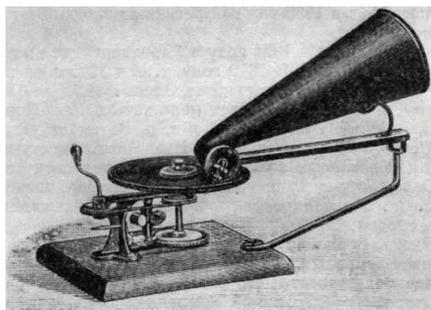


Рис. 2. Граммофон



Рис. 3 Патефон



Рис. 4. Электрофон

Далее граммофон сменил более компактный патефон (рис. 3), а потом и электрофон, или проигрыватель (рис. 4).

В 1925 г. вместо способа записи через рупор стали пользоваться электроакустическим способом – записью через микрофон. За счет уменьшения искажений частотный диапазон расширился с 150–4000 Гц до 50–10000 Гц.

В 1927 г. Ф. Пфлеймер разработал технологию изготовления магнитной ленты на немагнитной основе. На базе этой разработки в 1935 г. была представлена магнитная лента на пластмассовой основе, покрытой железным порошком. Для использования новой магнитной ленты был разработан звукозаписывающий прибор, получивший фирменное название «Magnetofon» (рис. 5).

Кассетный магнитофон – разработка голландской фирмы Philips – был представлен в 60-х годах прошлого столетия. Благодаря созданию компакт-кассеты фирма Sony создала и запустила в производство портативные компактные аудиоплееры. Эти плееры были не больше почтовой открытки, их можно было носить с собой (рис. 6) [1–3].

Диктофоны, которые записывают речь на аудиокассеты, были разработаны только в 1963 г. (рис. 7). Впоследствии была создана микрокассета (рис. 8), что позволило существенно уменьшить размеры самих диктофонов [4].



Рис. 5. Магнитофон

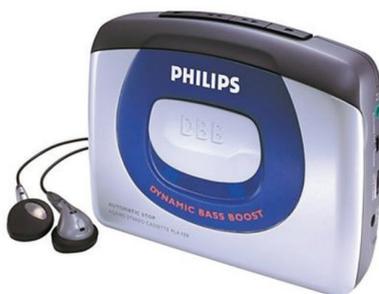


Рис. 6. Плеер



Рис. 7. Диктофон



Рис. 8. Диктофон на микрокассете

Во всех механических кассетных диктофонах содержалось более 100 деталей, многие из которых – подвижные. Записывающая головка и электрические контакты достаточно быстро изнашивались. В кассетных диктофонах использовался электрический двигатель, который протягивал магнитную пленку мимо головок записи, а продолжительность записи составляла порядка 180 мин.

Технологии звукозаписи развивались, и в 1988 г. был продемонстрирован такой носитель, как флэш-память. В отличие от магнитной, оптической и магнитооптической памяти она не требует применения дисководов с использованием сложной прецизионной механики и вообще не содержит ни одной подвижной детали, а также является неэнергозависимой.

Это позволило диктофонам стать компактными и более удобными в использовании, а также породило деление диктофонов на два вида: аналоговые (рис. 9) и цифровые (рис. 10).

Аналоговые диктофоны, конечно, уступают цифровым по ряду причин. Их конструкция недолговечна, качество записи хуже, продолжительность записи меньше, функциональность уступает новому поколению диктофонов.

В эпоху компьютеров очень важно иметь возможность легко перенести информацию с устройства на устройство для дальнейшего хранения или обработки, а оцифровка кассет менее практична. Но есть и достоинство – низкая цена. В настоящее время аналоговый вид диктофонов почти вышел из употребления.



Рис. 9. Аналоговый диктофон



Рис. 10. Цифровой диктофон

Несмотря на то, что развитие видов звукозаписи в настоящее время остановилось, идет процесс совершенствования цифровых устройств: повышены качества записи и ее продолжительность, формат, мощность устройства записи [5].

По назначению диктофоны разделяются на диктофоны специального и массового применения. К специальным диктофонам относятся профессиональные диктофоны, предназначенные для записи больших совещаний, конференций; различные директорские установки; установки записи переговоров во время аварийных ситуаций; информационные диктофоны и др. Существуют кабинетные цифровые диктофоны с питанием от сети, они предназначены для работы в помещении и могут применяться в системах дистанционной диктовки. Также есть мини-диктофоны для работы на открытом воздухе. Они рассчитаны на длительную переноску людьми, на перевозку всеми видами транспортных средств и работают на ходу.

Носимые миниатюрные диктофоны предназначены, в основном, для записи речи в походных условиях. Мини-диктофоны условно можно разделить по способу переноски на карманные и сумочные цифровые диктофоны [6].

Сегодня большую проблему представляет противодействие звукозаписи, особенно нежелательной. Есть несколько способов защиты от записи: с помощью акустической помехи, ультразвука, электромагнитного поля. Акустическая помеха – не самый плодотворный способ, громкость полезного сигнала должна быть ниже громкости сигнала, с помощью которого он должен быть заглушен. Ультразвук является более надежным способом, ведь некоторые микрофоны имеют недостаточную чувствительность, чтобы распознать его. Поэтому подавая мощный ультразвуковой сигнал, можно подавить запись. Но если диктофон будет находиться во внутреннем кармане пиджака человека и к тому же на значительном расстоянии, такой глушитель может не справиться со своей задачей.

Еще один способ – использование электромагнитных помех. На диктофон этот способ может и повлияет, но вот на обычный сотовый телефон, увы, нет.

Можно сказать, чтобы подавить запись, необходимо определить, с помощью какого устройства она будет вестись и в каких целях, а уже исходя из этого, выбирать способ и устройство для подавления нежелательной записи, например «Бубен-ультра» (рис. 11, а) «Гном» (рис. 11, б), «Тайфун» [7].



Рис. 11. Устройства для подавления нежелательной записи:

а – «Бубен-ультра»; б – «Гном»

В заключение отметим, что наша жизнь тесно связана с аудиозаписью и устройствами звукозаписи. Они окружают нас в любой сфере нашей жизнедеятельности. Многие узкопрофильные специальности не появились бы, не имея мы эти устройства. И если бы звукозапись не развивалась в таком ключе, кто знает, какой бы мир окружал нас сейчас.

Список литературы

1. Про историю звукозаписи. URL: http://www.mystore.ru/pro_istoriju_zvukozapisi_istorija_zvukozapisi.htm (дата обращения: 31.03.2016).
2. Диктофоны в ракурсе истории звукозаписи. URL: <http://www.mchs-orel.ru/diktfony-v-rukurse-istorii-zvukozapisi/> (дата обращения: 31.03.2016).
3. История чистого звука // Вокруг света. URL: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/398/> (дата обращения: 31.03.2016).
4. История развития диктофонов // Эхо. URL: <http://www.echo-ufa.ru/fun/news/m/2/istoriya-razvitiya-diktofonov.html> (дата обращения: 31.03.2016).
5. Диктофон – виды, фирмы, как выбрать // ВМ. URL: <http://www.vibormoi.ru/tehnika/1610-diktofon-vidi-firmi-kak-vibirat.html> (дата обращения: 08.04.2016).
6. Диктофон // Мир знаний. URL: http://www.mirznanii.com/info/diktofon_121384 (дата обращения: 08.04.2016).
7. Защита переговоров: подавители диктофонов // Geektimes. URL: <https://www.geektimes.ru/company/neuronspace/blog/264854/> (дата обращения: 08.04.2016).

Научный руководитель: *Л. С. Тихонова*, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

УДК 791.45

А. Г. Никулина, И. А. Воробьева
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

3D-СИСТЕМЫ В СОВРЕМЕННЫХ КИНОТЕАТРАХ

Французская компания Volfoni представляет разработку в области пассивных 3D-технологий SMARTCRYSTALTM CINEMA (рис. 1, *а*) для кинотеатров с DCI-совместимыми DLP-проекторами. Система работает с кинопроекторами мощностью до 7 кВт, обеспечивает проекцию изображений



Рис. 1

с высокой частотой смены кадров, создает четкое и яркое 3D изображение. Также компания представляет пассивную 3D-систему с ручным/автоматизированным переключением каналов Smart Crystal Diamond (рис. 1, б) с тройным лучом TRIPL BEAM, имеющую световую отдачу 28%.

Системы Smart Crystal устанавливаются в киноаппаратной между объективом кинопроектора и проекционным стеклом на специальном креплении [1]. Основным продуктом голливудской фирмы Master Image является система MI-CLARITY 3D (рис. 2, а). Она представлена в трех разных вариантах и отвечает потребностям кинотеатров любой вместимости. Систему отличает простота установки, легкость, малые габаритные размеры и готовность к использованию уже через 30 мин. Также фирма выпускает систему MI-WAVE 3D (рис. 2, б) с автоматизированным модулятором поляризации света на жидких кристаллах, панель управления которой позволяет быстро произвести смену положения фильтров для 2D- и 3D-проекции.

Кроме того, Master Image также использует трехлучевую оптическую систему, в частности в системе MI-HORIZON 3D (рис. 2, в). От продукции фирмы Volfoni ее отличает поддержание коэффициента отражения до 0,8 и более высокая эффективность светового потока (33%).

Система MI-CLARITY 3D устанавливается перед проектором, имеет колеса и поэтому легко перемещается из зала в зал. Системы MI-WAVE 3D и MI-HORIZON 3D устанавливаются между проектором и проекционным окном на специальном креплении [2].

Системы 3D от фирмы New Vision носят общее название XpanD. Фирма изготавливает пассивные и активные очки для просмотра 3D-изображений XpanD Glasses, а также инфракрасные датчики XpanD ONETM (рис. 3, а) с полным комплектом вспомогательного оборудования в различных версиях – это необходимо для работы в кинотеатрах малой, средней и большой вместимости.

Фирмой также выпускается поляризационный модуль пассивной системы 3D второго поколения с механизированным креплением. Модулятор предназначен для работы с любыми DLP-проекторами. Его жидкокристаллические затворы имеют более высокую яркость и контрастность изображения при уменьшении мельканий, а автоматизированный модулятор определяет, в каком режиме (2D или 3D) находится система, и автоматически перемещает



Рис. 2



Рис. 3:

а – инфракрасные датчики XpanD ONETM; б – XpanD пассивный 3D-поляризационный модулятор на механизированном креплении; в – XpanD трехлучевая 3D-система

ет поляризационный модуль в нужном направлении. Фирма также выпускает фильтры, основанные на трехлучевой системе, позволяющие достигать светоотдачи в 28 %.

Инфракрасные датчики устанавливаются на задней стене зрительного зала под потолком (за зрителями). Поляризационные модули, как и у других фирм, устанавливаются перед кинопроектором на специальном креплении [3].

Список литературы

1. URL: <http://www.volfoni.com/ru/пассивные-3d-системы/>
2. URL: <http://www.masterimage3d.com/cinema/3d-cinema-systems>
3. URL: <http://www.xpand.me/products/>

Научный руководитель: *В. Д. Грибов*, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

УДК 621

В. Огаркова

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

СПЕЦЭФФЕКТЫ ДЛЯ БАС-ГИТАРЫ

Клифф Бертон, Лес Клэйпул, Маркус Миллер, Джон Энтвистл... Эти имена знает каждый, даже начинающий бас-гитарист. Они – виртуозы своего дела, а их безграничная фантазия и новаторство навсегда обеспечили им место в списке лучших музыкантов и сделали их эталоном исполнительского мастерства для многих и многих людей. Но не только их музыкальному таланту признательны слушатели. Прогресс не стоит на месте и сейчас требования к звучанию музыкальных инструментов заметно выше, чем век назад.

© Огаркова В., 2016.

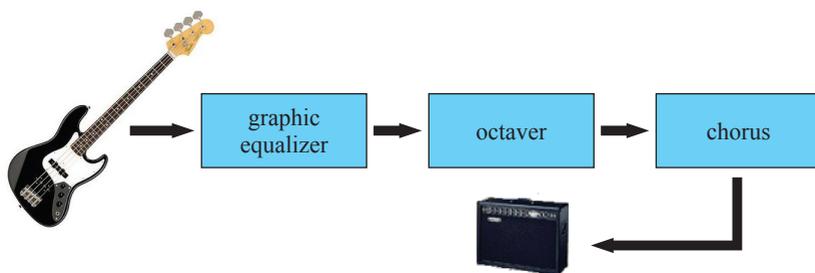


Рис. 1. Вариант подключения педалей эффектов

В современной музыке большую нагрузку несет ритм-секция, где не обойтись без бас-гитары, поэтому очень важно, чтобы она звучала идеально. Качественный звук бас-гитары задаст тенденцию плотного ритмического звучания всего коллектива.

Для достижения качественного звучания применяют различные приборы обработки музыкальных сигналов. Спецэффекты позволяют убрать шумы, расширить диапазон частот, добиться объемного плотного звука, придать бас-гитаре новое звучание.

Рассмотрим один из возможных вариантов подключения педалей для получения действительно хорошего звучания (рис. 1).

Первый элемент схемы – бас-гитара. Сам инструмент обязательно должен быть хорошего качества, иначе никакие педали вам не помогут. Второе – это качество звукоизвлечения из самой бас-гитары, важно всегда помнить, что педали эффектов – это не «улучшайзеры», это новые звуковые возможности.

Для звуковой обработки сигнала можно использовать Graphic equalizer (графический эквалайзер), представляющий собой набор полосовых фильтров, которые полностью изолируют друг от друга определенные полосы частот (рис.2).



Рис. 2. Бас-эквалайзер

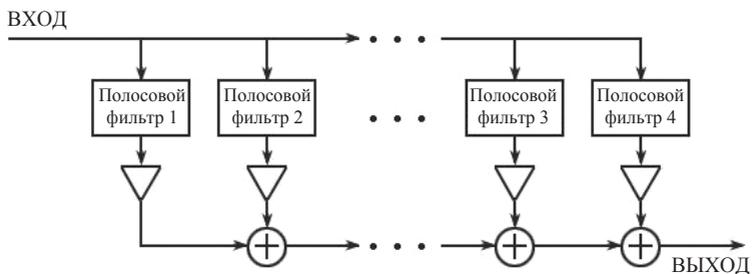


Рис. 3. Блок полосовых фильтров

Графический эквалайзер разделяет весь спектр частот инструмента на определенные полосы частот, что позволяет усиливать или ослаблять определенные составляющие спектра. Электрический сигнал подается одновременно на все полосовые фильтры эквалайзера, и каждый фильтр независимо от положения регулятора коэффициента усиления (ползунка). В графическом эквалайзере все полосовые фильтры соединены параллельно, что позволяет уменьшить фазовые искажения, вносимые эквалайзером в сигнал, в отличие от регулятора тембра, где фильтры установлены последовательно. Это связано с тем, что любой фильтр вносит определенную фазовую задержку и при последовательном соединении фильтров время задержки суммируется. Это недопустимо для многополосных эквалайзеров.

Схема соединения полосовых фильтров представлена на рис. 3. Графический эквалайзер позволяет усилить или ослабить некоторые частоты, сделать звучание более однородным во всем диапазоне частот.

Следующим элементом в схеме подключений на рис. 1 является октавер (октавер). Он представляет собой устройство, добавляющее к сигналу его копию на октаву или две ниже или выше основного тона (рис. 4).



Рис. 4. Внешний вид октавера

Благодаря октаверу основной тон звучит вместе с повышенным (пониженным) тоном, чем достигается эффект звучания нескольких инструментов одновременно. Аналоговые октаверы работают по принципу диодного моста или другого выпрямителя тока, инвертирующего одну полуволну сигнала.

Сигнал на октаву ниже создается преобразованием в меандр соответствующей частоты (например, при помощи RS-триггера), после чего частоту меандра уже можно легко разделить в нужное число раз в цифровом виде. Сигнал на выходе при этом получается жужжащим и «электронным». Схемотехника таких устройств достаточно сложна, существуют различные варианты получения нужного эффекта. Одной из признанных современными музыкантами педалей является модель фирмы BOSS Oc2 Octave, электрическая схема которой представлена на рис. 5, хотя эта педаль предназначена для электрогитары, во всем мире ею успешно пользуются и бас-гитаристы.

Последним звеном звуковой обработки в нашем случае является chorus (хорус) (рис. 6). Он представляет собой эффект основанный на задержке времени, то есть один и тот же сигнал (звук) поступивший на вход устройства проигрывается два раза, «естественный» звук и его повтор через 20–30 мс. Такое повторение позволяет достичь эффекта звучания нескольких инструментов из одного.

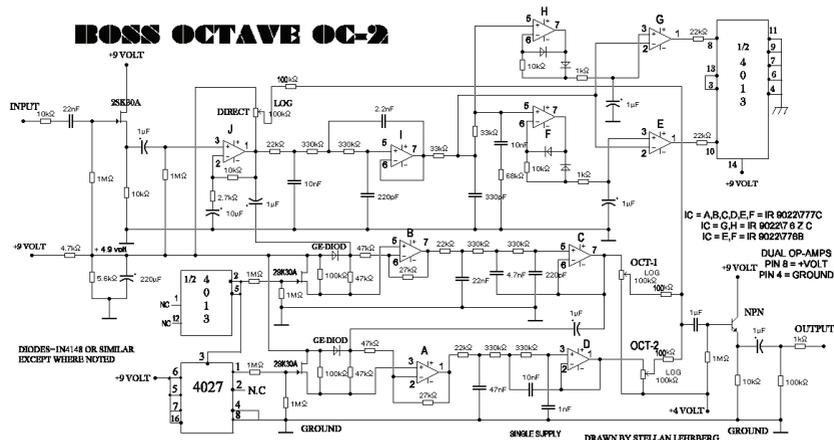


Рис. 5. Схема бас-октавера:

DA1.1, R4, R8 образуют входной усилитель; DA1.2, C4, C5, C7, C8, C9 – ФНЧ, улучшающий форму АЧХ сигнала; DA1.3, VT1 – модулятор сигнала на октаву ниже; DA1.4, C10, C11, C12 – ФНЧ для деленного сигнала; DA2.1, VD2, VD4 – амплитудный детектор положительной полуволны с интегратором R25, C13; DA2.2, VD3, VD5 – амплитудный детектор отрицательной полуволны с интегратором R26, C14; DA2.3, DA2.4 – компараторы напряжения; DD1.1 – делитель частоты на два; DD1.2 – формирователь прямоугольного сигнала основной частоты; R2, R3, C3 – источник опорного напряжения для средней точки ОУ; R9 – регулятор громкости основного тона; R27 – регулятор громкости деленного сигнала. На входе и выходе могут быть дополнительно установлены истоковые повторители на полевых транзисторах



Рис. 6. Внешний вид хоруса фирмы Boss

Эффект хоруса начали использовать очень давно в хоровом пении – так называемое двухголосное исполнение. Такой подход к исполнению украшает и оживляет любое музыкальное произведение. Недаром в классической музыке музыканты играют оркестром, ведь как бы исполнители ни старались, абсолютного синхронного звучания им не достичь из-за незначительных расхождений в темпе, а также тембре и высоте звука. Именно этого эффекта полноты и насыщенности звука гитаристы и бас-гитаристы пытаются добиться, используя хорус.

Схемотехнически эффекта хоруса можно достичь следующим образом. Входной сигнал разделяется на два одинаковых независимых сигнала. Один из них сразу без изменений поступает на выход устройства. Второй идет на линию задержки, где он задерживается на 20–30 мс. Также в схему встраивают генератор гармонических колебаний низких частот, который осуществляет модуляцию времени задержки сигнала. Изменяя параметры низкочастотного колебания можно получить различную форму выходного сигнала. На выходе задержанный сигнал складывается с основным и они звучат одновременно.

С выхода устройства хоруса электрически преобразованный сигнал подается на воспроизводящий тракт, где усиливается по мощности и подается на акустический преобразователь. Рассмотренная схема рис. 1 не является единственной. Существует великое множество различных эффектов, таких как дисторшен, овердрайвер, делей, ревербератор, «Wah-Wah» и др.

Можно экспериментировать и находить свой «фирменный» звук, не бывает плохих и хороших эффектов, бывают подходящие и не подходящие эффекты для достижения желаемого результата звучания.

Список литературы

1. Макаров А. Бас-гитара и педали эффектов. Вводная статья. URL: <http://www.kombik.com/zhurnal/387221/> (дата обращения: 06.04.2016).

2. *Петренко М.* Эффекты и обработка звука. URL: <http://www.mgs.org.ua/articles/effekty-i-obrabotka-zvuka.html#bass> (дата обращения: 06.04.2016).
3. *Девю Д., Трумм А.* Тайны звуковых эффектов – эквалайзер. URL: http://www.videoton.ru/Articles/mystery_eq.html (дата обращения: 08.04.2016).
4. Что нужно знать об обработке звука бас-гитары. Ч. 1. URL: http://www.allformusic.org/articles_bas_guitar/66-chto-nuzhno-znat-ob-obrabotke-zvuka-bas.html (дата обращения: 08.04.2016).
5. Приставки-октавы к электрогитарам. URL: <http://www.umup.ru/приставки-октавы-к-электрогитарам> (дата обращения: 08.04.2016).
6. Октавер. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Октавер> (дата обращения: 09.04.2016).
7. Октавер это... URL: <http://www.dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/666251> (дата обращения: 09.04.2016).
8. Знакомство с эффектом хоруса на примере гитарной педали «Sound JS Stereo Chorus CE-5 // Vitaliy75». URL: <http://www.datagor.ru/musicbox/2640-znakomstvo-s-effektom-horusa-na-primere-gitarnoy-pedali-sound-js-stereo-chorus-ce-5.html> (дата обращения: 09.04.2016).
9. Что такое эффект хорус. Поговорим о Fruity Chorus // Сепрей. URL: <http://www.bigsong.ru/plugins-fl-studio/tchto-takoe-ffekt-horus-pogovorim-o-fruity-chorus.html> (дата обращения: 09.04.2016).

Научный руководитель: *Л. С. Тихонова*, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ

УДК 62

И. М. Сайфуллин

Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

ШУМ В МЕТРО

В работе рассматривается одна из самых недооцененных проблем в мире – повышенный уровень шума в больших городах. Вредное влияние шума на здоровье человека уже давно научно признанный факт, но на улицах городов от этого не стало тише. Для того чтобы решить эту проблему, нужно прежде всего выявить и оценить вклад различных источников в общую «шумовую картину» города. Это позволит разработать более эффективные меры по борьбе с шумом.

Технический прогресс практически всегда имеет не только положительную сторону, но и негативные аспекты. Как правило, это проявляется в изменениях экологического состояния окружающей среды или в потенциальной возможности этих изменений. Изобретение автомобиля вошло в историю вместе с проблемой загрязнения атмосферы и возникновением нового источника шума на улице. Изобретение атомных электростанций создало потенциальную опасность радиоактивных заражений. Это очевидно, но ведь без электричества и системы транспортного сообщения комфортные условия жизни в современном городе представить уже невозможно.

Прогресс, обусловленный техническим развитием, приносит в нашу жизнь новые удобства, к которым мы быстро привыкаем, и негативные побочные эффекты, с которыми приходится бороться.

Неизбежно возникает задача интегральной оценки вредных воздействий на человека, решение которой позволит выявить наиболее вредные факторы, количественно оценить, прогнозировать их возникновение и по возможности управлять ими.

В рамках этой глобальной задачи находится объект данного исследования – шумовой фон в метрополитене. Сразу следует отметить, что изучение разнообразия источников шума и оценка вклада каждого из них, требует целого ряда исследований. Ведь в вестибюле метрополитена присутствуют источники различной физической природы, которые действуют в совокупности: это и механические и аэродинамические и электромагнитные шумы. Следует учитывать и шум, создаваемый пассажирами, а также вклад архитектурных особенностей подземной части станции метро.

Одной из целей данной работы было выявление зависимости уровня звука от архитектурных особенностей станций. Для уменьшения количества измерений было решено классифицировать станции метро по архитектурным признакам и по материалам их внутренней отделки. Основные типы станций представлены на рис. 1. Классификация станций представлена в табл. 1.

В связи с тем, что для большинства станций Петербургского метрополитена характерна мраморная отделка стен, а покрытие пола на всех станциях выполнено из гранита, было решено провести измерения уровня звука для архитектурных типов станций, попадающих в «мраморную» категорию.

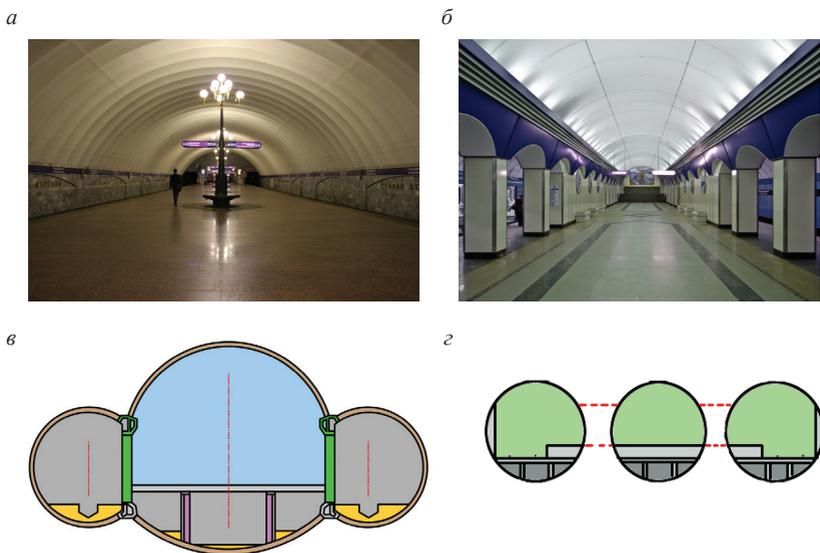


Рис. 1. Основные типы станции Петербургского метрополитена:
а – односводчатая; б – колонная; в – закрытого типа; г – пилонная

Таблица 1

Классификация станций по архитектурному признаку

Материал	Одноводчатая	Пилонная	Колонная	Колонно-стенная	Наземная	Закрытого типа
Мрамор	Спортивная	Бухарестская	Кировский завод	Международная	Деяткино	Звездная
	Садовая	Обводный канал	Гражданский проспект	Звенгородская	Кулчино	Московская
	Чкаловская	Пушкинская	Выборгская	Адмиралтейская	Парнас	Парк победы
	Старая деревня	Владимирская	Проспект ветеранов	Улица Дыбенко	Рыбацкое	Гостиный двор
	Политехническая	Чернышевская	Ленинский проспект	Приморская		Василюстовская
	Площадь Мужества	Площадь Ленина	Автово			Площадь Александра Невского-2
	Черная речка	Нарвская	Балтийская			Елизаровская
	Озерки	Электросила	Академическая			Ломоносовская
	Проспект просвещения	Московские ворота	Технологический институт-1			Маяковская
	Лиговский проспект	Фрунзенская	Пролетарская			
Новочеркасская	Сенная площадь	Площадь Александра Невского-1				

Окончание таблицы 1

Материал	Одноводчатая	Пилонная	Колонная	Колонно-стенная	Наземная	Закрытого типа
Мрамор	Ладожская	Невский проспект	Достоевская			
	Проспект большевиков	Горьковская				
	Обухово	Спасская площадь				
Известняк		Площадь Восстания		Крестовский остров		
Керамика	Пионерская		Лесная			Петроградская
	Удельная					
Металлокерамика		Волковская		Комендантский проспект		

Характеристики измерительного прибора

Шумомер 00023	1 класс
Динамический диапазон	10–140 дБ(А)
Микрофон МК102	Чувствительность 50 мВ/пА
Частотный диапазон	10–5000 Гц

Измерения уровней звука проводились прецизионным шумомером Robotron 00023, характеристики которого представлены в табл. 2.

Измерения эквивалентного уровня звука проведены в соответствии с действующим ГОСТ 20444–85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики [1].

Для повышения достоверности результатов было произведено по 4 замера в каждой точке, расположенной в начале и в конце тормозного пути электропоезда на перроне, а также в центре вестибюля. Измерения производились на момент прибытия и отправления электропоезда на высоте 1,5 м от уровня пола и на расстоянии не менее 1 м до ближайшей отражающей поверхности.

Результаты измерений собраны в табл. 3. Схема проведения измерений показана на рис. 2.

Для удобства сравнения и большей наглядности результатов был введен коэффициент среднего уровня звука, который отображает усредненный уровень звука по всем критериям оценки в виде среднеарифметического значения всех измерений. Это также позволяет оценить станцию одним числом и построить гистограмму (рис. 3).



Рис. 2. Схема проведения измерений:

1, 2, 3 – точки измерений

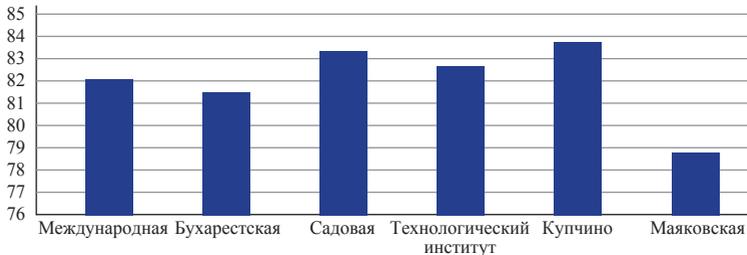


Рис. 3. Усредненный уровень звука по всем критериям оценки

Таблица 3

Результаты измерений уровня звука

Расположение точек измерения	Уровень звука при отправлении поезда, дБ·А	Уровень звука при прибытии поезда, дБ·А	Фоновый уровень звука в вестибюле, дБ·А	Усредненный уровень звука по всем критериям оценки
Станция «Международная»				
Вестибюль	86	84	65	82,1
Начало перрона	94	92	66	
Конец перрона	95	94	63	
Станция «Бухарестская»				
Вестибюль	85	82	65	81,5
Начало перрона	95	91	64	
Конец перрона	94	93	65	
Станция «Садовая»				
Вестибюль	87	87	66	83,4
Начало перрона	96	93	66	
Конец перрона	94	95	67	
Станция «Технологический институт»				
Вестибюль	86	85	65	82,7
Начало перрона	94	93	66	
Конец перрона	95	95	66	
Станция «Купчино»				
Вестибюль	88	86	66	83,8
Начало перрона	96	95	67	
Конец перрона	95	94	68	
Станция «Маяковская»				
Вестибюль	83	81	64	78,8
Начало перрона	87	87	66	
Конец перрона	89	88	65	
Уровень звука в вагоне во время движения электропоезда				
Уровень звука внутри вагона	Ускорение	Равномерное движение	Торможение	91,3
	94	87	93	

По результатам измерений можно отметить, что станции закрытого типа, благодаря архитектурно-конструктивному решению (например, «Маяковская»), являются самыми тихими: уровень звука на момент прибытия/отправления электропоезда не превышает 90 дБ·А. Для других станций этот

показатель находится в интервале 90–95 дБ·А. Коэффициент среднего уровня звука был принят равным 78,7.

Станции наземного крытого типа (например, «Купчино»), оказались самыми неблагоприятными по уровню звука, относительно других типов станций по всем критериям измерений. Это может быть обусловлено проникновением шумов из окружающего пространства и отсутствием заграждающих поверхностей на пути распространения звука, этой же причиной можно объяснить повышенный уровень шумов на станции односводчатого типа.

Несколько лучший показатель среднего уровня звука (81,1 дБ·А) имеют станции пилонного типа и колонно-стеновые. Таким образом, уровень звука имеет слабую зависимость от архитектурных особенностей станции, которая обусловлена главным образом наличием или отсутствием заграждающих поверхностей на пути распространения шума. Также во внимание следует принять акустические свойства мрамора как основного материала внутренней отделки станций: мрамор, как и гранит, имеет коэффициент звукопоглощения 0,01 в диапазоне частот от 125 Гц до 6000 Гц, что способствует распространению шума в вестибюлях.

Сразу следует отметить, что специализированных стандартов, нормирующих шум в метрополитене, с которыми можно было бы сопоставить полученные результаты в стране на данный момент нет, но имеются санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562–96, регулирующие «шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [2].

В соответствии с п. 7 приложения 3 [2] «Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки» – для торговых залов магазинов, пассажирских залов аэропортов и вокзалов, приемных пунктов предприятий бытового обслуживания предусматривается максимальный уровень звука не более 75 дБ·А, эквивалентный уровень звука не более 60 дБ·А.

На основании [2] и результатов, полученных в ходе измерений можно сделать вывод о том, что уровень звука в Санкт-Петербургском метрополитене превышает допустимые значения. Так, фоновый уровень звука в вестибюле имеет превышение в среднем 5–6 дБ·А. Для максимального уровня звука (в момент прибытия/отбытия поезда) превышение составляет 15–20 дБ·А в зависимости от архитектурного типа станции. При движении в вагоне уровень звука превышает норму на 12 дБ·А при равномерном движении и на 18–19 дБ·А в моменты ускорения и торможения.

Список литературы

1. ГОСТ 20444–85. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.
3. *Иванов Н. И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. М.: Университетская книга, Логос, 2008.
4. *Ковригин С. Д.* Архитектурно-строительная акустика: учеб. пособие для вузов. М.: Высш. школа, 1980.

Научный руководитель: *Л. С. Тихонова*, канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ЛАВИННОГО ПРОБОЯ

Светодиод пропускает ток в прямом направлении, а в случае приложения к нему обратного напряжения может перейти в режим пробоя. Пробои бывают электрические и тепловые. Электрический пробой является обратимым.

Электрические пробои также делятся на две группы: туннельные и лавинные. В подавляющем большинстве светодиодов имеет место лавинный пробой. Пробой этот носит микроплазменный характер. Микроплазмами называются локальные области p - n -перехода, в которых напряжение пробоя меньше, чем для всего p - n -перехода. Микроплазмы то возникают (зажигаются), то рассасываются (гаснут), что обуславливает импульсный характер протекающего тока через обратновключенный светодиод.

Для исследования процессов, происходящих при пробое светодиода, была сконструирована экспериментальная установка и было выявлено, что импульсный ток имеет случайный или хаотический характер и, кроме того, обладает фрактальными свойствами [1].

Фракталами называются геометрические объекты: линии, поверхности, пространственные тела, имеющие сильно изрезанную форму и обладающие свойством самоподобия. В качестве критерия оценки фрактальности временного ряда нами использовалось вычисление фрактальной размерности типа Хаусдорфа.

В большинстве современных систем связи в качестве несущих колебаний используются гармонические сигналы. Информационный сигнал в передатчике модулирует эти колебания по амплитуде, частоте или фазе, а в приемнике информация выделяется с помощью обратной операции – демодуляции.

Для повышения скрытности передачи информации можно использовать хаотические несущие колебания [2].

В научной литературе описаны методы формирования и способы передачи сигналов на основе хаоса, основной особенностью которых является хаотический синхронный отклик [2, 3]. Скрытность передачи в системах связи с хаотической несущей достигается за счет того, что сложно не только демодулировать хаотическую несущую, но и определить существование информации в нерегулярном хаотическом сигнале без знания характеристик и параметров передатчика.

Помимо когерентных методов приема (на основе полной хаотической синхронизации) существуют и некогерентные [2], например разработанные в ИРЭ РАН группой под руководством А. С. Дмитриева, прямохаотические способы. В прямохаотических передатчиках хаотический сигнал формируется в том диапазоне частот, где производится его излучение, а ввод информационного сигнала происходит либо в результате воздействия на формирователь хаотического сигнала, либо уже на выходе из него. Таким образом хаотический сигнал генерируется сразу в передаваемом диапазоне.

В результате анализа выявлен ряд недостатков хаотических систем связи. Хаотические системы обладают высокой чувствительностью к рассогласованию параметров передатчика и приемника. Это является основной причиной сложности обеспечения абсолютной устойчивости синхронного хаотического отклика (т. е. синхронизации передатчика и приемника). Кроме того, такие системы обладают и высокой чувствительностью к искажениям и шумам в канале связи.

Альтернативой хаотическим сигналам могут быть фрактальные сигналы, которые обладают рядом привлекательных свойств хаоса, но лишены основных его недостатков.

По результатам экспериментальных исследований и моделирования в системе Matlab в качестве источника фрактального сигнала мы предлагаем обратновключенный светодиод. Для того чтобы использовать этот сигнал для передачи по каналу связи, необходимо подвергнуть его обработке. На первом этапе моделирования после смешивания с информационным сигналом формируется пилообразный сигнал, нарастание частоты которого пропорционально длительности временных интервалов между импульсами смеси. Пилообразный сигнал впоследствии модулируется несущим колебанием частотой 1 ГГц. В результате получается частотно-модулированный сигнал с фрактальными характеристиками (ЧМФХ), который уже можно передавать по каналу связи с высокой степенью конфиденциальности. В результате обратных операций на приемной стороне извлекается полезный сигнал.

Список литературы

1. *Воротков М. В., Скворцов Н. Н., Шапкина А. С.* Фрактальные свойства микроплазменного шума // Инновационные технологии в медиаобразовании. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 27–28 марта 2015. Вып. 3. СПб.: СПбГИКиТ, 2015.
2. *Дмитриев А. С., Панас А. И.* Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. М.: Физматлит, 2002.
3. *Волковский А. Р., Рульков Н. В.* Синхронный хаотический отклик нелинейной системы передачи информации с хаотической несущей // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. Вып. 3.

Научный руководитель: *А. В. Кривошейкин*, д-р техн. наук, профессор кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

УДК 621.396.949

Ю. В. Туманова

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

Интерферометры – это оптические устройства для наблюдения эффектов интерференции волн и использования этих эффектов в измерительных целях. Принцип действия интерферометра основан на явлении интерферен-

ции и заключается в следующем: пучок электромагнитного излучения (света, радиоволн и т. п.) с помощью того или иного устройства пространственно разделяется на два или большее количество когерентных пучков. Каждый из пучков проходит различные оптические пути и возвращается на экран, создавая интерференционную картину, по которой можно установить смещение фаз пучков.

В соответствии с природой волн существуют интерферометры акустические для звуковых волн и интерферометры для электромагнитных волн: оптических (ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областей спектра) и радиоволн различной длины.

Акустические интерферометры и радиоинтерферометры используются для измерения скорости распространения волн (акустических и радио-) для измерения расстояний между двумя излучателями волн или между излучателем и отражающим телом, т. е. используются как дальнометры. В настоящее время наиболее точные измерения скорости звука осуществляются при помощи акустического интерферометра с цилиндрическим резонатором. Акустические волны возбуждаются в трубе излучателем, расположенным на ее конце, длина волны находится путем измерения перемещения отражателя между соседними резонансными максимумами. Положение стоячих волн определяется по импедансу излучателя. Для повышения точности акустический интерферометр целесообразно использовать на частотах ниже частоты обрезания первой моды.

Оптические интерферометры применяются для измерения длин волн спектральных линий, показателей преломления прозрачных сред, угловых размеров звезд, для контроля качества оптических деталей и их поверхностей, для контроля чистоты обработки металлических поверхностей и др. Принцип действия всех интерферометров одинаков. Различаются они лишь методами получения когерентных волн и тем, какая величина непосредственно измеряется.

Методы получения когерентных пучков в интерферометре очень разнообразны, поэтому существует множество различных конструкций интерферометров. По числу интерферирующих пучков света оптические интерферометры можно разделить на многолучевые и двухлучевые. Многолучевые интерферометры используются главным образом как спектрометры высокой разрешающей силы для исследования тонкой структуры спектральных линий и определения их формы, а двухлучевые интерферометры являются в основном техническими приборами.

Интерферометр Майкельсона – двухлучевой интерферометр, изобретенный Альбертом Майкельсоном. Данный прибор позволил впервые измерить длину волны света. Конструктивно состоит из светоделительного зеркала, разделяющего входящий луч на два, которые в свою очередь, отражаются зеркалом обратно. На полупрозрачном зеркале разделенные лучи вновь направляются в одну сторону, чтобы, смешавшись на экране, образовать интерференционную картину. Анализируя ее и изменяя длину одного плеча на известную величину, можно по изменению вида интерференционных полос измерить длину волны, и наоборот, если длина волны известна, можно определить неизвестное изменение длин плеч. Радиус когерентности изучаемого источника света или другого излучения определяет максимальную разность между плечами интерферометра. Устройство используется и сегодня в астро-

номических, физических исследованиях, а также в измерительной технике. В частности, интерферометр Майкельсона лежит в основе оптической схемы современных лазерных гравитационных антенн.

Интерферометр Рэля – двухлучевой интерферометр, разделяющий свет от источника на два потока, разница фаз между которыми создается пропусканием света сквозь два одинаковых сосуда, заполненными разными газами. Был предложен в 1886 году. С помощью него определяют показатель преломления газов.

По сравнению с двухлучевой интерферометрией применение многолучевого интерферометра имеет ряд преимуществ, главными из которых являются возможность наблюдения колеблющейся интерференционной картины в более широком диапазоне амплитуд, и увеличение точности измерений смещенного положения интерференционной полосы за счет меньшей величины ее относительной ширины.

Примером многолучевых интерферометров является интерферометр Фабри–Перо, который используется в спектроскопии для изучения тонкой структуры спектральных линий. Он нашел широкое применение в метрологии для сравнения длины стандартного метра с длинами волн отдельных спектральных линий. Также интерферометр Фабри–Перо широко применяется для спектрального разложения. Он представляет собой открытый резонатор с двумя зеркалами, обладающими высокими коэффициентами отражения. Благодаря его симметричной конструкции относительно оптической оси этот интерферометр особенно удобен для исследования многих проблем в лазерной физике, в которых подобные резонаторы используются уже в самих источниках света. Кроме того, интерферометр многолучевого типа допускает относительно компактную конструкцию.

К многолучевым интерферометрам также относятся различного рода дифракционные решетки, которые используются как интерференционные спектральные приборы.

Интерферометры широко используются в астрономии для создания радио- и оптических телескопов с высоким разрешением. Они позволяют заменить телескоп с большой апертурой (которая необходима для получения высокого разрешения) на решетку телескопов с меньшими апертурами, соединенными по принципу интерферометра. Особым успехом интерферометры пользуются в радиоастрономии. Ввиду того, что к относительно низким радиочастотам предъявляются не такие строгие требования по дискретизации и оцифровке сигналов, существует возможность объединять радиотелескопы в сети РСДБ.

Интерферометры применяются для:

- измерения длин волн спектральных линий;
- изучения структуры спектральных линий;
- измерения неоднородности показателя преломления прозрачных сред;
- измерения угловых размеров звезд;
- измерения скорости света;
- определения качества шлифовки поверхностей;
- измерения показателей преломления газов.

Научный руководитель: *Р. Р. Латыпова*, канд. экон. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

ЦИФРОВЫЕ ДАТЧИКИ СИГНАЛОВ

Автоматизация различных технологических процессов, эффективное управление различными агрегатами, машинами, механизмами требуют многочисленных измерений разнообразных физических величин.

Датчики, называемые также измерительными преобразователями или, по-другому, сенсорами, являются элементами многих систем автоматики. С их помощью получают информацию о параметрах контролируемой системы или устройства.

Датчик – это элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующий контролируемую величину (температуру, давление, частоту, силу света, электрическое напряжение, ток и т. д.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы. Таким образом, датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

В измерительно-информационной технике за рубежом, как мы уже говорили, используется термин «сенсор», который акцентирует внимание на восприятии входной величины, тогда как «датчик» – на формировании и выдаче измерительного сигнала. Под сенсором понимается первичный измерительный преобразователь, воспринимающий входную величину и формирующий измерительный сигнал. На конструкцию и на другие особенности при этом никаких ограничений не накладывается. Следовательно, и сенсор, и датчик выполняют одну и ту же функцию восприятия входной величины и формирования измерительного сигнала.

В датчике кроме измерительного органа может быть преобразователь сигнала в удобную потребителю форму. Примерные доли измерений датчиками физических параметров в промышленности: температура – 50%, расход (массовый и объемный) – 15%, давление – 10%, уровень – 5%, количество (масса, объем) – 5%, время – 4%, электрические и магнитные величины – менее 4% [3].

Различают три класса датчиков:

- аналоговые – датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал пропорционально изменению входной величины;
- цифровые – датчики, генерирующие последовательность импульсов или двоичное слово;
- бинарные (двоичные) – датчики, которые вырабатывают сигнал только двух уровней – «включено/выключено» (иначе говоря, 0 или 1); они получили широкое распространение благодаря своей простоте [2].

Аналоговые датчики получают информацию о различных физических величинах в реальном масштабе времени, точнее – преобразуют физическую величину (давление, температуру, освещенность, расход, напряжение, ток)

в электрический сигнал, пригодный для передачи по линиям связи в контроллер и дальнейшей его обработки.

С цифровых датчиков информация снимается с помощью различных цифровых интерфейсов. Как правило, информация доступна непосредственно в формате измеряемой величины и не требует проведения дополнительных преобразований.

Дискретные датчики имеют только два варианта сигнала на выходе канала датчика – лог 0 и лог 1. Примером такого датчика является конечный выключатель, имеющий состояния «замкнут» и «не замкнут». Дискретный датчик может иметь несколько выходных каналов, каждый из которых находится в одном из двух состояний, например 12-разрядный абсолютный датчик положения.

Все измерения начинаются с восприятия измеряемых величин и формирования измерительного сигнала, который далее подвергается необходимым преобразованиям. Заметим, что эти процессы неразрывно связаны. Под восприятием величин подразумевается свойство датчиков выделить и представить входную величину в виде измерительного сигнала, удобного для дальнейших действий над нею.

Функцию восприятия входной величины выполняет чувствительный элемент. При этом идентифицируется природа величины и происходит процесс ее восприятия. В официальных изданиях [1] чувствительный элемент определяется как часть измерительного преобразователя в измерительной цепи, воспринимающая входную величину. Там же дано определение датчика: датчик – конструктивно обособленный первичный измерительный преобразователь, от которого поступают сигналы измерительной информации. Нужно учесть, что первичный преобразователь не обязательно может быть датчиком, а может находиться непосредственно в измерительной цепи любого средства измерения.

Сердцевинной чувствительных элементов датчиков является вещество (материал), которое воспринимает входную физическую величину. В нем с помощью определенного физического явления входная величина преобразуется в сигнал, поступающий в последующую измерительную цепь. Помимо чувствительного элемента в измерительную цепь могут входить усилители, делители, фильтры, модуляторы, а также иные устройства преобразования измерительного сигнала, так как нередко нужно произвести изменения размеров или характера физической величины, прежде чем подавать ее на вход датчика. То есть цифровые датчики генерируют последовательность импульсов или двоичное слово и имеют, как правило, всего два состояния: «включен/выключен», «активирован/деактивирован», например, это может быть датчик работы двигателя или загрузки транспортного средства.

Имеются принципиальные отличия в работе цифровых и аналоговых датчиков. Аналоговый датчик передает в чистом виде физический параметр или разность физических параметров. Цифровой датчик передает физический параметр или разность физических параметров в виде кода (обычно двоичного кода) из импульсов с одинаковой амплитудой + паузы (или смены полярности импульса вместо паузы) между импульсами, кратных по времени минимальной паузе между импульсами.

Раньше встречалась передача цифрового параметра троичным кодом: импульсы (одинаковая амплитуда) + паузы + смена (инверсия) полярности им-

пульса. Шум, неточность аналого-цифрового преобразователя линейно растут вместе с частотой кривой, передаваемой по линии связи. Из-за фазового сдвига между частотой дискретизации кривой сигнала и высоких частот сигнала колеблется уровень высоких частот в сигнале, прошедшем через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). Например, при воспроизведении звука с микрофона (датчика звука), прошедшего через АЦП и ЦАП, снижается прозрачность звучания высоких частот звука.

Аналоговые датчики в 3–10 раз быстрее цифровых, в 3–5 раз точнее их, дают более качественный сигнал. Аналоговый микрофон работает быстрее, дает более качественный сигнал, чем цифровой микрофон из-за шума и задержки работы аналого-цифрового преобразователя. Кроме того конечному пользователю цифрового сигнала микрофона дополнительно достаются шум, задержка работы цифро-аналогового преобразователя. Трафик аналогового сигнала в 3–4 раз меньше цифрового.

Цифровые датчики более помехоустойчивы. Цифровые датчики выгоднее при долговременной записи сигнала, перезаписи сигнала, передаче сигнала в условиях помех на расстояние больше 20–30 м.

Обязательные требования, предъявляемые к датчикам:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;
- стабильность характеристик во времени;
- высокая чувствительность;
- малые размеры и масса;
- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;
- работа при различных условиях эксплуатации;
- различные варианты монтажа [5].

Как правило, датчики используются не сами по себе, а входят в состав системы управления, обеспечивая сигнал обратной связи.

Диапазон измеряемых значений показывает, какое максимальное значение входного сигнала датчик может преобразовать в выходной электрический сигнал, не выходя за пределы установленных погрешностей. Эти цифры всегда приводятся в спецификации на датчик, одновременно отображая возможную точность измерений в том или иной диапазоне.

Следует понимать, что одни датчики при подаче входного сигнала больше максимальных значений просто придут к насыщению и будут возвращать неверные данные, другие же датчики (например, датчики температуры) могут выйти из строя.

Подключение цифровых датчиков по стандарту 1-Wire

1-Wire – это двунаправленная низкоскоростная цифровая шина передачи данных, требующая всего два провода – информационный провод и землю. Шина достаточно проста в использовании, поддерживает паразитное питание устройств от линии и позволяет подключать параллельно множество однотипных устройств вроде датчиков температуры (например, DS 18B 20) или микросхем идентификации (iButton).

Паразитное питание организуется как показано на рис. 1.

На рис. 2. показано обычное активное питание устройства, когда до источника рукой подать.

Количество подключенных параллельно датчиков фактически ограничено лишь параметрами линии.

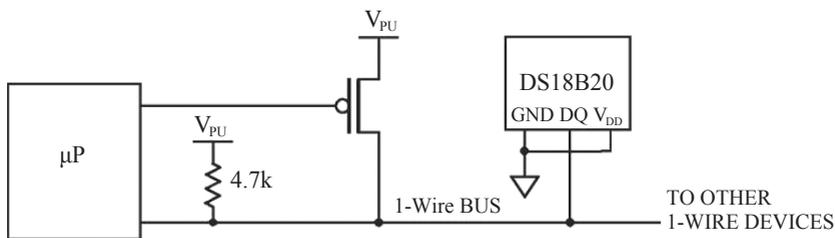


Рис. 1. Паразитное питание устройств шины 1-Wire

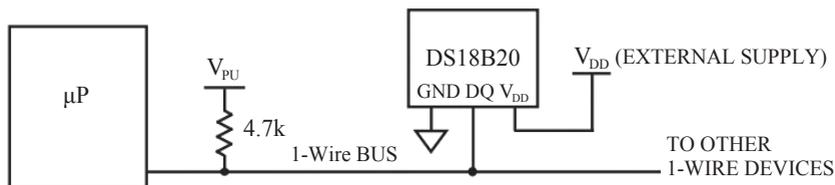


Рис. 2. Питание устройства 1-Wire от внешнего источника

Возможно горячее подключение и идентификация на ходу. Причем вычислительная сложность алгоритма идентификации $O(\log n)$.

Подключение цифровых датчиков по стандарту I2C(Twi)/SMBus/

Если 1-Wire требует один провод данных, то шина Two-Wire Bus – два.

Один из проводов – SCL – будет тактирующим, по второму – SDA – полудуплексом будут передаваться данные.

Шина имеет открытый коллектор, следовательно обе линии необходимо подтянуть к питанию. Датчик будет подключаться как показано на рис. 3.

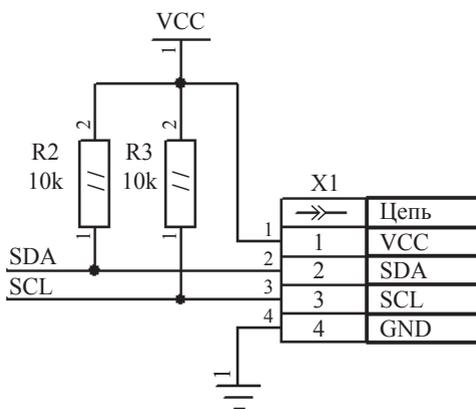


Рис. 3. Подключение датчиков по I2C

Общее количество устройств, которые можно подключить к шине I2C – 112 устройств при 7-разрядной адресации. Каждому устройству выделяется два последовательных адреса, младшим битом выставляется режим на чтение или запись. Есть строгое требование по емкости шины – не более 400 пФ.

Общепотребительные значения скоростей: 100 кбит/с и 10 кбит/с, хотя последние стандарты допускают и скоростные режимы в 400 кбит/с и 3,4 мбит/с.

Шина может работать как с несменяемым мастером, там и с передачей флага. Требуется как минимум три провода, работает в режиме полного дуплекса, т. е. организует одновременную передачу данных в обе стороны.

Линии связи:

CLK – линия тактового сигнала;

MOSI – выход мастера, вход слейва;

MISO – вход мастера, выход слейва;

CS – выбор чипа (опционально).

Одно из устройств выбирается мастером. Оно будет отвечать за тактирование шины. Подключение осуществляется перекрестно (рис. 4).

Каждое устройство в цепи содержит свой сдвиговый регистр данных. С помощью сигналов тактирования спустя 8 тактов содержимое регистров меняется местами, таким образом осуществляя обмен данными.

SPI – самый скоростной из представленных интерфейсов передачи данных. В зависимости от максимально возможных частот тактирования скорость передачи данных может составлять 20, 40, 75 мбит/с и выше.

Шина SPI позволяет подключать устройства параллельно, но здесь возникает проблема – каждому устройству требуется своя линия CS до процессора. Это ограничивает общее количество устройств на одном интерфейсе.

Главная сложность в настройке SPI – это установка полярности сигнала тактирования [7].

Цифровые датчики могут использоваться в самых разных сферах. Это связано с тем, что цифровые датчики – это целый класс датчиков, главной особенностью которого является то, что измеренная величина имеет цифровую форму. Такие датчики могут измерять различные параметры: температуру, вес, давление, перемещение, деформацию, угол наклона, скорость движения и др.

Особенно остро стоит проблема создания простых малогабаритных и легко размещаемых на объекте исследования датчиков. При прочностных

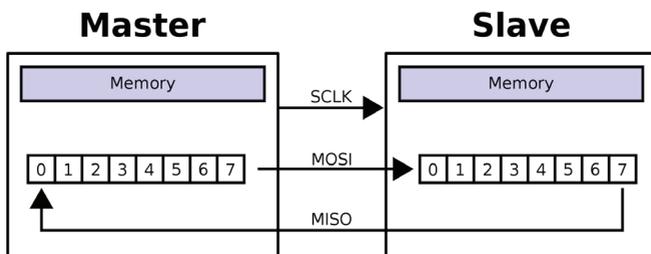


Рис. 4. Подключение по SPI и суть передачи

испытаниях больших самолетов используются десятки тысяч тензо- и термо-датчиков, а также датчиков перемещений, сил, давления и т. п.

Биологические исследования зачастую нуждаются в восприятии множества величин от источников информации, расположенных в ограниченном пространстве живого организма. Основная особенность и предназначение таких датчиков заключается в том, что они могут воспринимать и преобразовывать в измерительные сигналы несколько величин, действующих в небольшом объеме пространства.

Преимущества промышленных цифровых датчиков – это простота калибровки и прямая диагностика. Их выбирают с учетом положительных свойств:

- надежности;
- наличия диагностики отказов;
- защиты от помех;
- взаимозаменяемости различных элементов.

Надежность аппарата зависит от класса промышленной защиты. Современное оборудование разрабатывается так, чтобы передаваемый сигнал преобразовывался в удобную для измерения величину.

Производители предлагают аппараты, которые могут применяться в разных сферах. Для работы с огнем используются датчики температуры, пламени, оптические виды. Устройства, позволяющие определить температуру, являются одними из самых распространенных. Они могут быть контактными или бесконтактными. Вторые работают с помощью инфракрасного излучения.

Для измерения воздушных масс и газа используются электронные датчики, позволяющие определить давление, состав, скорость потока и расхода. Такие устройства можно встретить практически в любых отраслях: машиностроении, энергетике, пищевой промышленности.

Для работ с жидкостью могут применяться датчики расхода, определения уровня, анализа состава. Такие устройства активно используются в различных автоматизированных комплексах практически всех отраслей промышленности, в том числе нефтеперерабатывающей, сельском хозяйстве.

Большое распространение получили датчики на основе микроэлектронной технологии – кремниевые датчики. Выполненные как цифровые датчики, они являются самыми современными датчиками, служащими надежным способом измерения и оповещения в любых областях за счет компактных размеров.

Следует отметить, что круг физических явлений, на основе которых могут непосредственно выполняться датчики с частотными и цифровыми выходами, существенно ограничен, поэтому до настоящего времени аналоговые датчики не утратили возможностей своего применения в цифровых ИИС. Это связано с высокой степенью отработанности основных конструктивных узлов и элементов аналоговых датчиков, а также с бурным развитием в последние годы техники аналого-цифрового и аналого-частотного преобразования, что проявилось в разработке миниатюрных и высокоточных микроэлектронных АЦП и ЧЦП, обладающих сравнительно невысокой стоимостью, которые могут размещаться непосредственно в самих датчиках.

Расширение областей применения цифровых систем контроля и управления определяет растущий интерес к цифровым датчикам. Разработано большое количество методов и приборов подобного типа.

Список литературы

1. Юдин М. Ф., Селиванов М. Н., Тищенко О. Ф., Скороходов А. И. Основные термина в области метрологии: словарь-справ. / под ред. Ю. В. Тарбеева. М.: Изд-во стандартов, 1989.
2. Алейников А. Ф., Гридчин В. А., Цапенко М. П. Датчики (перспективные направления развития): учеб. пособие / под ред. проф. М. П. Цапенко. Новосибирск: НГТУ, 2001.
3. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник. М.: Техносфера, 2005.
4. Котюк А. Ф. Датчики в современных измерениях. М.: Радио и связь, 2006.
5. Виглеб Г. Датчики. М.: Мир, 1989.
6. Вульвет Дж. Датчики в цифровых системах. М.: Энергоиздат, 1981.
7. Датчики и микроконтроллеры. Ч. 1 // Geektimes. URL: <https://geektimes.ru/post/255116/> (дата обращения: 03.04.2016).

Научный руководитель: *Р. Р. Латыпова*, канд. экон. наук, доцент кафедры радиотехники и информационных технологий СПбГИКиТ.

УДК 519.872

А. Д. Байтимиров, М. Л. Шустрова
Казанский национальный исследовательский
технологический университет, Казань

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДАВЛЕНИЯ

В настоящее время точности измерений уделяется огромное внимание во всех отраслях – от нефтехимической и химической промышленности до медицинской техники. Постоянно увеличивается количество применяемых измерительных приборов, которые в процессе эксплуатации могут изменять свои метрологические характеристики. Для определения точностных характеристик прибора применяют процедуру поверки, регламентируемую действующей нормативной документацией.

Измерение давления является одним из наиболее востребованных типов измерений. В промышленных масштабах наибольшее распространение имеют датчики с широкими диапазонами измерения [1]. Оборудование для поверки должно соответствовать поверяемым приборам, поэтому метрологические лаборатории оснащаются в основном приборами для измерения высоких и средних избыточных давлений [2].

Осуществление поверки и калибровки узкодиапазонных измерителей давления является менее востребованной процедурой и, как правило, более точной. Поэтому часто бывает сложно найти организацию, осуществляющую поверку и калибровку подобных устройств. В связи с этим актуальна задача разработки аппаратно-программного комплекса для поверки приборов измерения давления до 200 кПа для метрологической лаборатории института управления, автоматизации и информационных технологий Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ). Данная задача решена на основе высокоточного датчика давления MC 100 фирмы Yokogawa.

Решение поставленной задачи включает в себя следующие этапы:

1. Разработка и сборка схемы подключения компрессора и поверяемого прибора к калибратору MC100.

2. Сопряжение датчика давления MC 100 с персональным компьютером.

3. Разработка алгоритма функционирования программного обеспечения на базе Visual C++ для автоматизации процесса поверки приборов.

Аппаратная часть построена на базе цифрового калибратора MC 100 и персонального компьютера, объединенных с помощью стандартного протокола RS-232.

Схема подключения элементов комплекса для поверки представлена на рис. 1.

Принцип работы схемы заключается в следующем. Давление на выходе компрессора 1, установленное с помощью редуктора 2 и манометра MC700 (PE 1–1) на величину 280 кПа, подается на вход питания калибратора. MC100 подает задаваемое оператором давление на линию с поверяемым прибором (PE 2–1).

MC 100 – цифровой калибратор давления, работа которого заключается в снижении подаваемого на его вход давления (280 кПа) от компрессора 1, расположенного в лаборатории О-111, до заданной величины. Прибор одновременно измеряет и регулирует давление в выходной линии [3].

Реализованный в этом приборе принцип измерения давления на основе кремниевого резонатора (рис. 2) позволяет обеспечить высокие эксплуатационные характеристики прибора. Кремниевый резонатор называют цифровым сенсором, так как в нем полностью отсутствует промежуточное аналого-цифровое преобразование (деформация сразу преобразуется в частоту), в отличие от емкостного и пьезорезистивного датчиков, где промежуточный аналоговый параметр обязательно присутствует (деформация–емкость–ча-

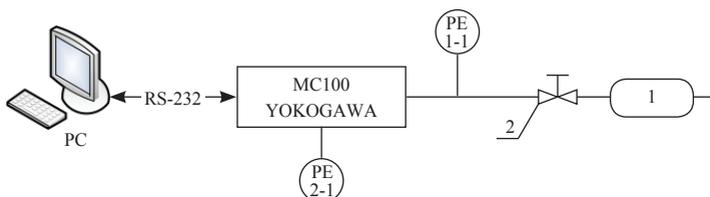


Рис. 1. Функциональная схема комплекса для поверки

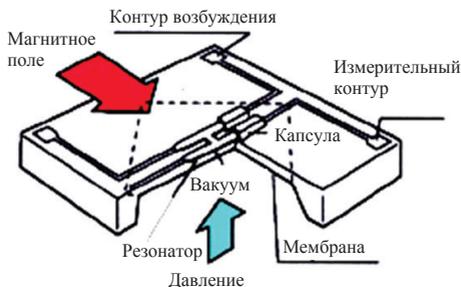


Рис. 2. Принцип измерения давления на основе кремниевого резонатора

стота, деформация–сопротивление–частота). Этот факт совместно с чисто линейной зависимостью дает большое преимущество кремневому резонатору, благодаря чему для достижения более высокой точности требуется всего лишь увеличить точность калибровки.

Благодаря высокой точности и стабильности МС100 с его помощью можно калибровать большой спектр приборов – от реле давления, промышленных датчиков и преобразователей давления до медицинского оборудования.

Функционал калибратора МС100 подразумевает подключение к ПК по интерфейсу RS-232, но программное обеспечение в комплекте не поставляется. Поэтому было создано приложение для автоматизации управления калибратором давления МС100 с ПК.

В QBasic реализована консольная версия программного обеспечения с перспективой создания полноценного оконного приложения на базе Visual C++.

Блок-схема алгоритма функционирования представлена на рис. 3. Входными данными для работы программы являются серийный номер прибора,

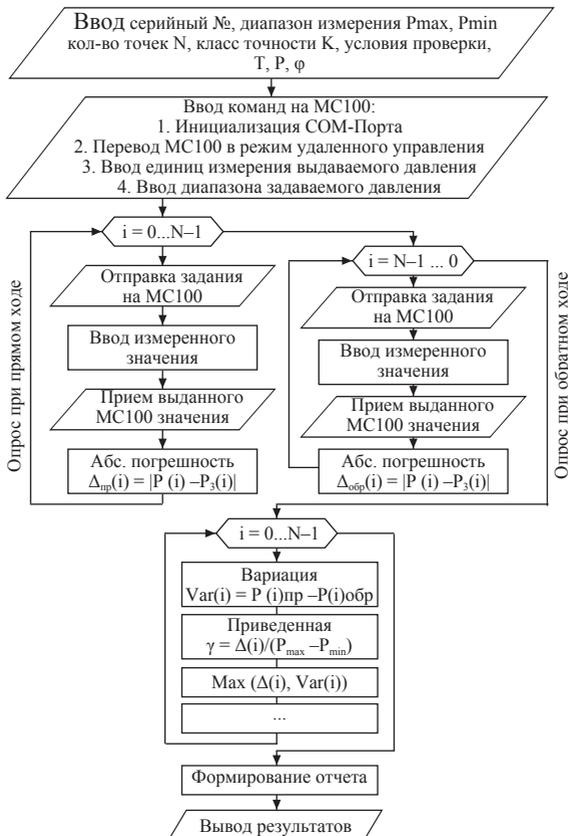


Рис. 3. Алгоритм обработки данных

диапазон измерения, количество точек измерения, количество измерений в каждой поверяемой точке шкалы, заявленный класс точности и т. д. MC100 задает необходимые значения давления в автоматическом режиме, а задача метролога – записать и ввести в программу показания поверяемого прибора. На основе произведенных измерений программа формирует отчет в печатном виде о текущих метрологических характеристиках прибора и вывод о его соответствии указанному в документации классу точности и возможности его дальнейшей эксплуатации. Планируется занесение всех измерений в локальную базу данных с целью обеспечения возможности поиска проведенных поверок и выдачи списков приборов, поверку которых необходимо произвести в текущем месяце.

Разработанный программно-аппаратный комплекс позволит максимально автоматизировать и ускорить процесс поверки приборов, уменьшить фактор человеческой ошибки.

В перспективе возможно расширение программного обеспечения для подключения всей линейки приборов для калибровки, выпускаемых фирмой Yokogawa. Также предполагается перевод программного обеспечения из консольного вида в полноценное оконное приложение, написанное в среде программирования Visual C++ 2010, подключение базы поверенных приборов, построение графиков, выдача отчетов в печатном виде и ряд других функций.

Список литературы

1. Замалетдинова Э. Ю., Егорычев А. И. Сравнительные анализ методов измерения давления // Вестник КНИТУ. 2014. № 8.
2. Герке А. Р., Лира А. В., Перухин М. Ю. Лабораторный учебный стенд для изучения метрологических характеристик приборов измерения давления // Вестник КНИТУ. 2013. Т. 16. № 8.
3. Официальный сайт Yokogawa – Цифровой калибратор давления MC 100. URL: <http://www.yokogawa.ru/calibrators/?prod=97->

Научный руководитель: *М. Л. Шустрова*, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации КНИТУ.

УДК 49.37

А. Д. Байтимиров, М. Л. Шустрова
Казанский национальный исследовательский
технологический университет, Казань

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

В настоящее время задача построения распределенных систем сбора данных и мониторинга технологических процессов как никогда актуальна в самых различных областях деятельности человека. Применение проводных систем не всегда эффективно из-за высокой стоимости монтажных и пуско-

наладочных работ, а также технического обслуживания. Кроме того, в некоторых ситуациях установка проводных датчиков вообще невозможна по технологическим или организационным причинам.

Достоинствами беспроводных датчиков являются минимальные ограничения по их размещению, возможность внедрения и модификации сети таких датчиков на эксплуатируемом объекте без вмешательства в процесс функционирования, надежность и отказоустойчивость всей системы в целом при нарушении отдельных соединений между узлами.

Практическое использование беспроводных датчиков с автономным электропитанием долгое время сдерживалось низкой надежностью радиоканала по сравнению с проводным соединением, высокими стоимостью и энергопотреблением. Сейчас, благодаря развитию элементной базы, миниатюризации интегральных микросхем и появлению новых технологий передачи информации, беспроводные датчики и основанные на них системы сбора данных и мониторинга стали реальностью и применяются во многих сферах деятельности человека.

Беспроводные устройства. Производство беспроводных приборов КИП является перспективным направлением развития крупнейших компаний по производству и внедрению средств автоматизации. У каждой крупной компании, предлагающей готовые решения автоматизации производств, есть своя линейка беспроводных приборов КИП. Однако при разработке данных устройств компании-производители столкнулись с необходимостью выбора протокола передачи данных для беспроводных приборов. В результате мнения разделились.

1. Компании Yokogawa, Honeywell, Nivis, Access, Gastronics, Wilson Mohr поддержали разработку стандарта ISA 100.11a, были выпущены соответствующие линейки беспроводных приборов, которые были проверены на совместимость 19 сентября 2009 г. на заводе ARKEMA в Кросби, штат Техас.

2. Разработку стандарта WirelessHart предложили в начале 2004 г., и он был подготовлен 37 компаниями, входящими в Фонд HART Communications (HCF), среди которых ABB, Emerson, Endress+Hauser, Pepperl+Fuchs, Siemens. Протокол WirelessHART был утвержден путем голосования 210 членами HCF, затем одобрен советом директоров HCF и представлен на рынке в сентябре 2007 г.

Топология систем управления с использованием беспроводных сетей. Все системы управления технологическими процессами, использующие в своей структуре беспроводные технологии, строятся по одному принципу. Топология представлена на рис.1. Станция оператора технолога или инженерная станция 1, используя протокол Ethernet общается с контроллером системы управления 2, который соединяется со шлюзом беспроводной сети 3. Шлюз является точкой входа для передачи данных от беспроводных приборов, которые затем преобразовываются в формат, совместимый с другими системами. Тут происходит разделение. При использовании WirelessHart в качестве протокола связи между контроллером и шлюзом может использоваться исключительно протокол HART. Преимуществом ISA 100.11a является отсутствие этой жесткой привязки: в качестве протокола связи в данном случае можно использовать всевозможные протоколы: Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus RTU, Modbus TCP, а также упомянутый выше Hart-протокол. Далее связь осуществляется по беспроводному каналу связи со всеми беспроводными датчиками 4 и беспроводными исполнительными механизмами 5.

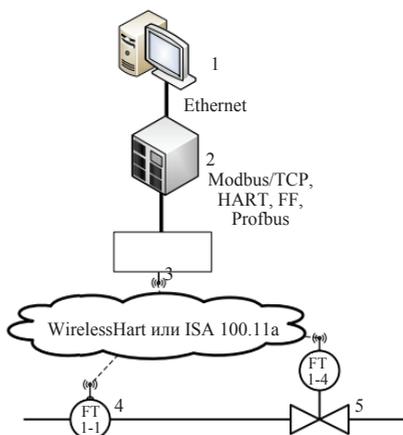


Рис. 1. Организация системы управления с использованием беспроводных сетей:

1 – станция оператора технолога или инженерная станция, 2 – контроллер системы управления, 3 – шлюз беспроводной сети, 4 – беспроводные датчики, 5 – беспроводные исполнительные механизмы

Топологии беспроводных сетей. Беспроводные сети организуются по двум основным топологиям:

- 1) Mesh network – самоорганизующиеся ячеистые сети;
- 2) «звезда» – жестко заданная сеть.

Самоорганизующиеся ячеистые сети (Mesh network) образуются на основе множества соединений типа «точка–точка», находящихся в области радиопокрытия друг друга (рис. 2).

Такая технология позволяет беспроводным полевым приборам самостоятельно взаимодействовать друг с другом. Ключевыми преимуществами ячеистых сетей являются: автоматическое соединение между датчиками и способность любого датчика выполнять функции транзитной передачи данных для других участников сети. Сеть на основе ячеистой топологии надежна, обладает большой пропускной способностью. Высокая надежность обеспечивается наличием резервных маршрутов передачи данных: при выводе

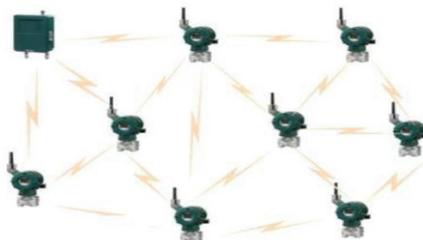


Рис. 2. Ячеистая топология

одного из датчиков из эксплуатации данные будут передаваться в обход по резервному пути, если этот датчик не являлся ключевым в этой ветке. Использование нескольких альтернативных маршрутов повышает пропускную способность сети.

Снижение энергопотребления достигается путем снижения мощности сигналов посредством передачи данных через большее число узлов, разделенных меньшими расстояниями. В условиях ячеистой архитектуры разработчикам удалось добиться максимальной эффективности энергопотребления радиопередатчиков. Данный показатель является одним из ключевых при разработке беспроводных полевых устройств. Срок службы батарей в условиях ячеистой архитектуры сети, реализованной компанией, может достигать 10 лет при ежеминутном обновлении. Самоорганизующиеся сети поддерживают автоматическую реорганизацию сети: функция ретрансляции на полевом устройстве для обеспечения оптимальной коммуникации и распределения энергии при необходимости активируется автоматически. Беспроводные сети автоматически перераспределяют трафик, обеспечивая оптимальный баланс таких параметров, как надежность, срок службы батареи и производительность.

Топология «звезда» разделена на следующие классы:

- 1) «звезда» с двумя транзитными участками;
- 2) «звезда» с резервированием – поддерживающая расширяемость.

Топология «звезда» представляет собой централизованную систему, в которой каждое полевое устройство связывается с одной общей точкой доступа (шлюзом) напрямую. Каждый полевой прибор должен иметь прямую видимость со шлюзом, поэтому при добавлении нового устройства в сеть необходимо обеспечить прямую видимость как минимум с одной точкой доступа (рис. 3).

При появлении преграды на пути следования радиосигнала датчика либо вследствие интерференции с посторонними сетями связь с датчиком может быть потеряна. Потеря связи и плохой сигнал сказываются не только на целостности и своевременности получаемой информации, но и на жизненном цикле батареи питания. Устройство при потере связи производит множественные попытки передать данные независимо от настроенного времени обновления. Поэтому при выборе такой среды специалист должен учесть все возможные факторы.

При отсутствии проблем данная схема обеспечивает детерминированный путь связи, малое запаздывание, долгий срок службы батареи, а также простоту техобслуживания и устранения проблем и неисправностей. Для по-

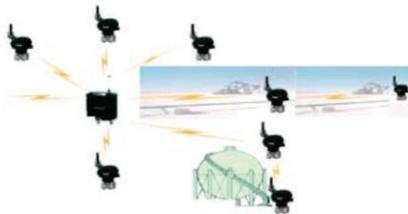


Рис. 3. Топология «звезда»

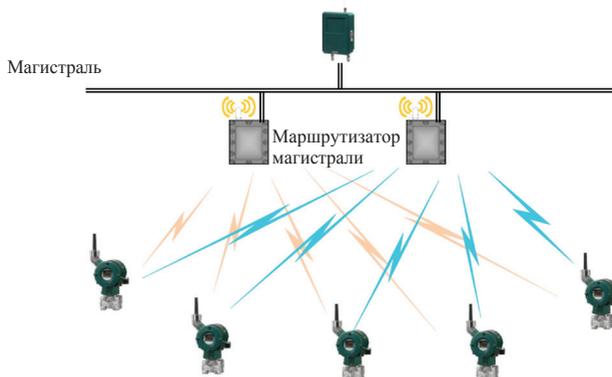


Рис. 4. Топология «звезда» с резервированием

вышения надежности и масштабируемости данной схемы используют схему «звезда» с резервированием, показанную на рис. 4.

Безопасность и надежность. Для повышения надежности и безопасности передачи данных используется технология скачкообразной смены несущей частоты (FHSS), которая позволяет предотвратить интерференцию с сетями, работающими на этой же частоте. Преимущества скачкообразного изменения очевидны: поскольку передатчик периодически меняет частоту передачи данных, то только настроенный по такому же алгоритму приемник способен принять информацию. Приемник должен иметь аналогичную псевдослучайную последовательность принимаемых частот, чтобы в нужное время получить сигнал передатчика на правильной частоте. Таким образом, конфликт с посторонними устройствами аналогичной частоты исключен.

Для защиты информации от подслушивания используется технология расширения спектра (DSSS) – распределение узкополосного сигнала по большей полосе за счет добавления псевдослучайной последовательности битов. Эта технология позволяет уменьшить мощность полезного сигнала на каждой конкретной частоте. Таким образом, без демодулирования посторонними устройствами сигнал будет восприниматься как шум. Это позволяет не только защитить информацию от несанкционированного доступа, но и снизить влияние радиосети на другие радиоустройства предприятия.

Использование современных беспроводных систем обеспечивает высокую надежность и точность управления процессами, в ряде случаев являясь экономически более выгодной альтернативой проводным системам. Основными протоколами передачи данных, для работы с которыми разрабатываются линейки аппаратного обеспечения наиболее весомых производителей измерительных приборов, являются стандарты ISA 100.11a и WirelessHart. Передача информации по WirelessHart осуществляется исключительно по Hart-протоколу, в то время как ISA 100.11a подразумевает также возможность передачи по протоколу Foundation Fieldbus, Profibus, Modbus RTU, Modbus TCP и др. Методы организации измерительных сетей при этом остаются универсальными, подходящими как для WirelessHart, так и для ISA 100.11a. Для повышения надежности и информационной безопасности бес-

проводных систем существует множество разработок, включающих технологии частотного кодирования информации.

Список литературы

1. *Богданов С. П., Басов О. О.* Перспективы и проблемы применения беспроводных датчиков с автономным питанием // Доклады ТУСУРа, 2012. № 2 (26). Ч. 1.
2. *Nixon M. A Comparison of WirelessHART and ISA100.11a* // Preliminary A. July 1. 2012.
3. *Тагиров Д. Н.* WirelessHart – единственный беспроводной протокол связи, удовлетворяющий требованиям рынка АСУТП // Технические средства автоматизации. 2013. № 8.
4. *Абдуллин И. А., Туюшева А. И., Матухин Е. Л.* Внутрифирменное обучение персонала бережливому производству как ресурс развития промышленного предприятия // Вестник КНИТУ. 2013. № 5.
5. *Замалетдинова Э. Ю., Байтмиров А. Д.* Автоматизированная система управления процессом ректификации легкой фракции эпоксида с помощью PCU CENTUM VP // Вестник КНИТУ. 2014. № 3.

Научный руководитель: *М. Л. Шустрова*, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации КНИТУ.

УДК 519.711

И. И. Яманов, М. Л. Шустрова
Казанский национальный исследовательский
технологический университет, Казань

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ ПО УЧЕБНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

С началом XXI в. появляются первые визуальные среды языков высокоуровня программирования. С помощью новых визуальных сред создание программных продуктов стало на ряд эффективнее, проще и быстрее. Многие программные продукты, созданные на высоких языках программирования, в настоящее время имеют тенденции к доработке в визуальных средах, где приобретают новый функционал и инструментарий. Визуальные среды сильно снизили сложность обучения молодого поколения разработчиков программного обеспечения и обслуживающего персонала.

К инструментарию и функционалу визуальных средств можно отнести набор разнообразных инструментов, процедур, функций, шаблонов и модулей, заранее подготовленный разработчиками визуальных сред, доступный как разработчику нового программного обеспечения, так и, при необходимости, рядовому пользователю, пользующемуся готовой программой, при наличии соответствующих разрешений.

Программы, созданные на визуальных средах высоких языков программирования, активно используют в различных областях деятельности людей, в том числе и в сфере образования. Актуальность разработки специализированного программного обеспечения, нацеленного на интенсификацию об-

разовательного процесса, не подвергается сомнению. В настоящее время происходит активное внедрение в образовательный процесс на всех его этапах интерактивных технологий образования: обучающих программ, тренажеров, интернет-ресурсов, реализующих идеи дистанционного образования и пр.

Электронные учебные пособия позволяют упростить и интенсифицировать деятельность как преподавателя, так и студента, поскольку позволяют изучать теоретический материал по дисциплине, ознакомиться с методическими указаниями по лабораторным работам, осуществлять промежуточный и итоговый контроль знаний по изученным темам.

Для облегчения образовательного процесса по ряду дисциплин была поставлена задача создания электронного пособия, способного предоставлять обучающимся для изучения теоретические и практические материалы, осуществлять промежуточный контроль знаний тестированием студентов путем генерирования вариантов тестовых заданий из хранилища вопросов, а также формировать задания для итогового контроля знаний посредством генератора вариантов из хранилища данных. Хранилище должно быть доступно для добавления новых заданий, при наличии необходимого допуска. Любой результат сохраняется в хранилище программного продукта и дублируется в выходные текстовые файлы, не доступные рядовым пользователям. Возможность добавлять, удалять и редактировать лекционный и практический материал, пополнять и редактировать банк вопросов и заданий должна быть доступна только пользователю, заходящему под учетной записью «преподаватель» и подтверждающему право работы вводом пароля. Пользователям, входящим под учетной записью «студент», доступны только возможность изучения лекций и методических указаний по лабораторным работам, прохождения промежуточного тестирования и формирования заданий для итогового контроля по дисциплине.

Выбор среды разработки программного продукта. Эта сложная многопараметрическая задача является одним из важных этапов разработки приложений ПП.

В данном случае наиболее удобной средой разработки является Microsoft Visual Studio за счет несложной структуры, низких финансовых затрат, легкой обучаемости и возможности изменения данных в программе и внешних приложений.

На рис 1. изображен алгоритм определения структуры, т. е. модели среды разработки. Она выбирается с учетом требований, задач и целей непосредственно заказчика, в данном случае это создание автоматизированного рабочего места с помощью автоматизированных средств.

Компоненты программного продукта. Для реализации данного продукта можно выделить несколько подпрограмм, которые в совокупности образуют полноценный программный продукт:

- 1) визуальный интерфейс, который отвечает за управление, мобильность и контроль над данными внутри программы;
- 2) процессор языка визуальной среды, обеспечивающий оптимизацию запросов на извлечение и изменение данных и создание, как правило, машинно-независимого исполняемого внутреннего кода;
- 3) подсистему поддержки времени исполнения, которая интерпретирует программы манипуляции данными, создающие пользовательский интерфейс с программой;

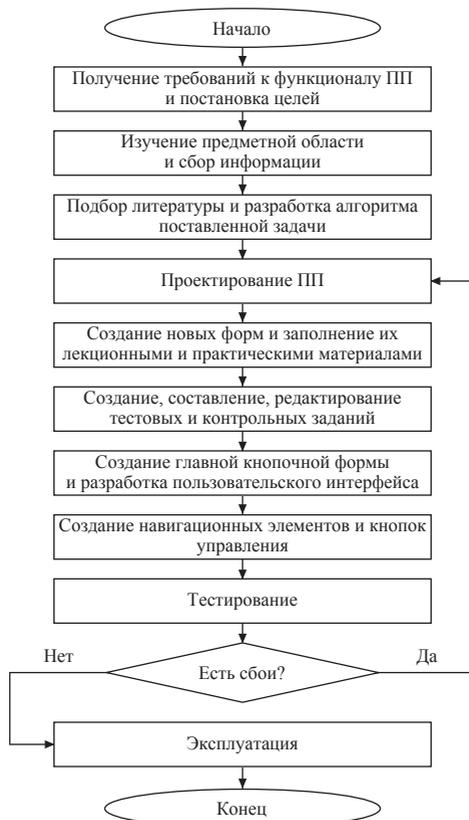


Рис. 1. Алгоритм выбора структуры PPP

4) сервисные программы (внешние утилиты), обеспечивающие ряд дополнительных возможностей по обслуживанию информационной системы.

Создание интерфейса и защитной системы. После анализа структуры и сбора данных можно перейти к этапу проектирования продукта и непосредственному созданию форм, состоящих из лекционного и практического материала, которые будут содержать динамическую информацию, и взаимодействовать между собой с помощью кнопок управления, обеспечивая быстрый доступ к любой точке программы.

Для надежной защиты системы программа оборудована системой авторизации профилей, которая содержит два режима работы:

1) режим работы: «студент», в котором предоставляется лекционный и практический материал без возможности добавления и редактирования информации, с ограниченным доступом и др.;

2) режим работы «преподаватель (администратор)», в котором пользователь обладает всем функционалом программы.

Важнейшим навигационным элементом программы является главная кнопочная форма, с помощью которой возможен быстрый переход к любой форме и обратно. Главная кнопочная форма оборудована несколькими панелями отображения кнопок управления для более удобного отображения информации и структуризации данных.

Каждая страница интерфейса оборудована кнопками управления и под-текстным меню, с помощью которых осуществляется быстрый переход к подтемам и подразделам.

Создание генератора вариантов. Важным элементом разрабатываемого программного продукта является генератор вариантов тестовых заданий для промежуточного контроля знаний и контрольных заданий для итоговой проверки практических умений обучающихся.

Для реализации процесса идентификации тестируемого форма системы генерации вариантов включает поля Фамилия, Имя, Отечество и номер группы (рис. 2).

Сгенерированный вариант задания и ответы, введенные студентом, сохраняются в корне программы, кроме того, данная информация копируется во внутреннем хранилище. В случае прерывания работы программы сгенерированный файл с заданиями также сохраняется. Таким образом, при невыполнении конкретным студентом одного варианта заданий и генерации другого варианта, данная информация отображается в выходных файлах хранилища данных.

После ввода данных студент приступает к этапу получения варианта задания, представленному на рис. 3 Кнопка «Приступить» выполняет функции

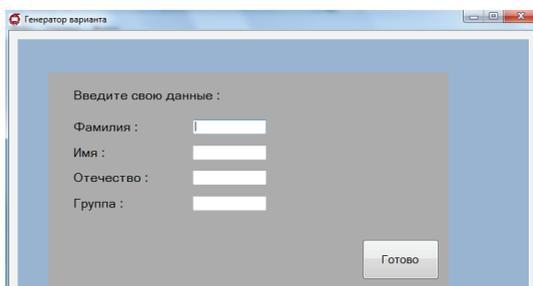
The screenshot shows a window titled "Генератор варианта" with a registration form. The form contains the text "Введите свою данные :" followed by four input fields labeled "Фамилия :", "Имя :", "Отечество :", and "Группа :". A "Готово" button is located at the bottom right of the form area.

Рис. 2. Генератор вариантов, регистрация данных

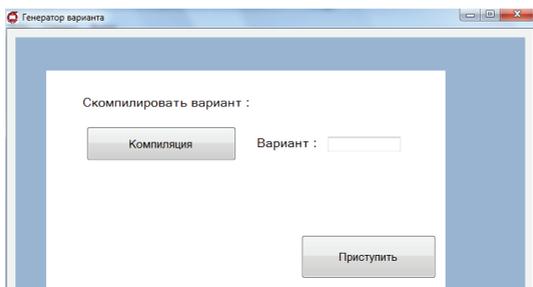
The screenshot shows a window titled "Генератор варианта" with a compilation form. The form contains the text "Скомпилировать вариант :" followed by a "Компиляция" button and a "Вариант :" input field. A "Приступить" button is located at the bottom right of the form area.

Рис. 3. Генератор вариантов, компилятор вариантов

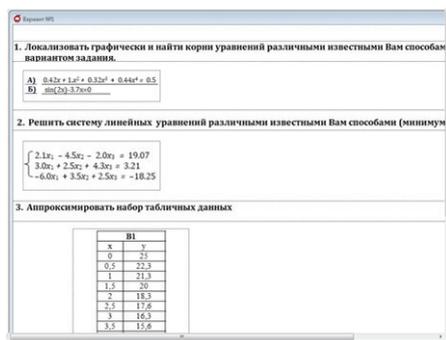


Рис. 4. Вариант контрольных заданий

кнопки сохранения информации и перехода к контрольным заданиям. Пример такого задания показан на рис. 4. После выполнения контрольного задания результаты сохраняются с помощью кнопки закончить.

В заключение следует отметить, что разработанный программный продукт соответствует всем поставленным задачам и позволяет размещать, редактировать и удалять информацию в разделах «Лекции» и «Лабораторные работы», генерировать варианты тестовых и контрольных заданий для промежуточного и итогового контроля соответственно. Результаты контроля знаний сохраняются во внутреннем хранилище данных и дублируются в отдельные файлы. В данном программном продукте реализована система авторизации профилей и система ограничения доступа.

Преимуществами созданного программного продукта являются

- удобство просмотра и хранения информации посредством форм;
- удобство перемещения между темами, разделами, лекционными и практическими материалами;
- совместимость для импорта, экспорта данных с такими компонентами пакета Microsoft Office, как электронные таблицы Excel и текстовый процессор Word.

В качестве перспектив развития данного программного продукта можно отметить:

- создание и подключение системы управления базами данных;
- разработку и проектирование нового интерфейса с учетом новейших технологий;
- создание дополнительных элементов управления и редактирования материала для более удобного использования программного продукта;
- разработку и проектирование языкового модуля, ориентированного на иностранных студентов, что позволит свободно изучать дисциплину на наиболее удобном для учащихся языке.

Список литературы

1. Рудаков А. В. Технология разработки программных продуктов: учеб. пособие. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2006.
2. Ягьяева Л. Т., Абдулфаттах О. Высокоскоростные распределенные сети // Вестник КНИТУ, 2013. № 6.

Научный руководитель: М. Л. Шустрова, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации КНИТУ.

УДК 50.53

И. И. Яманов, М. Л. Шустрова
Казанский национальный исследовательский
технологический университет, Казань

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦИФРОВКИ ГРАФИЧЕСКОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

При проведении научных исследований нередко возникает необходимость восстановления числовых данных по графикам, представленным в литературных источниках, обусловленная процессом анализа адекватности построенной математической модели, либо сопоставлением результатов исследования с данными других авторов. Современное программное обеспечение для распознавания графической информации на данный момент решает вопросы, связанные преимущественно с распознаванием текста, оформленного при использовании различных шрифтов, что является наиболее востребованным. Однако возможности автоматизированного получения численной информации о положении точек на координатной оси графиков на настоящий момент не предоставляется.

Целью данной работы является разработка концепции автоматизированного распознавания графиков с получением координат основных их точек. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) провести анализ информации по исследуемой теме, представленной в литературных источниках;
- 2) разработать общую концепцию и алгоритм работы программы распознавания графиков.

Методы извлечения числовых данных. В настоящее время вопрос разработки эффективных методов дискретизации числовых данных раскрыт недостаточно [1]. Однако в [2] представлена информация относительно получения общих числовых данных, в [2] показано влияние дискретизации на точность измерений, в [3] рассмотрена повторная дискретизация как метод кодирования и декодирования числовых данных. Наиболее распространенными являются итерационный метод [4] и волновой алгоритм [5].

Итерационный метод – простейший из методов поиска значений по какому-либо критерию сравнения. Во многих задачах прикладного уровня необходимо найти оптимальное решение задачи при большом количестве возможных вариантов путем сравнения друг с другом или с установленной конкретной константой.

Принцип итерационного метода можно охарактеризовать так [4]: выбирается начальная точка для поиска (X_1, Y_1) , начинается обход растровой

графики поочередно, по обеим осям с заданным шагом; на каждом шаге проверяется, удовлетворяет ли текущая точка условиям поиска. Если удовлетворяет, то она добавляется в результирующий набор.

Данный метод является наиболее эффективным, так как не требует дополнительных математических вычислений и обладает высокой точностью. Однако при сильном искажении изначального изображения указанный метод теряет свою эффективность, поскольку происходит потеря контрастности изображения, а также существенны временные затраты на повторное сравнение. Кроме того, контур бинарного изображения при его нахождении имеет ломаную кривую структуру.

Волновой алгоритм является алгоритмом частичного извлечения данных. Его основное применение – поиск кратчайшего пути в лабиринте и векторизация изображений. У этого метода есть много условий для применения, одним из которых является требование к бинарности входного изображения [5].

Метод заключается в анализе пути прохождения сферической волны по изображению. На каждом шаге анализируется смещение центра масс точек, образующих новый шаг (генерацию) волны, относительно его предыдущих положений.

Можно выделить два основных этапа данного метода: построение скелета изображения с помощью сферической волны и его оптимизация.

До построения скелета с целью улучшения качества изображения возможно применение различных фильтров, таких как шум, резкость, размытие и др.

Построение скелета сводится к выделению отрезков и мест их соединения с занесением найденных данных в результирующий граф. Выделение производится с помощью анализа пути прохождения волны с пометкой пройденного пути (для предотвращения двойного прохождения волны по изображению).

В результирующий граф скелета изображения заносятся средние точки для каждой генерации волны. Уменьшение количества точек в процессе движения волны производится путем анализа перемещения средней точки последней генерации волны, и в граф заносятся только точки, в которых происходит изменение направления движения средней точки.

Для выделения ребер определяются точки, в которых происходит:

- разделение волны на полуволны, т. е. соединение или пересечение отрезков;
- затухание волны, т. е. конец отрезка.

Общий алгоритм работы в этом случае сводится к последовательной реализации следующих шагов [5]:

- 1) создание пустого стека для хранения генераций волны;
- 2) занесение в стек любой точки графического изображения как генерации волны;
- 3) повторение шагов 4–8 пока стек не пуст;
- 4) выбор генерации волны из стека;
- 5) продолжение волны из выбранной точки изображения, пока не произойдет разделение волны на полуволны или затухание волны;
- 6) если произошло затухание волны, то пройденный путь является кривой, заносимой в граф (возможно замкнутой, если затухание волны произошло на границе с помеченной волной областью), переход к п. 3;

7) если волна разделилась на полуволны, то место соединения двух отрезков найдено, и в граф заносится пройденный путь, в стек заносятся обе полуволны;

8) переход к п. 3.

Преимуществом волнового алгоритма является возможность нахождения трассы в любом лабиринте и с любым количеством запретных элементов. Однако при построении трассы данным методом требуется большой объем памяти [5].

Разработка концепции алгоритма обработки графиков. Для решения проблем различных графических искажений и неточностей, можно использовать существующие методы, но переоборудованные в новые инструментари и языковые средства дискретизации данных.

Наиболее решаемой идеей является следующая: любой графический объект растровой или векторной графики можно преобразовать в двумерный массив, т. е. получить результат исследований. Получив данные и загрузив их в программу, можно разложить рисунок на данные и наоборот. После загрузки полученных данных в виде двумерного массива появляется возможность получения графика, построенного по этим данным. Общий алгоритм реализации данной концепции представлен на рис. 1.

1. Для обеспечения импорта проектируется небольшой код на С# для обеспечения переноса изображения в программу. Данные, полученные из изображений, сохранены в виде двумерного массива [6].

2. Проектирование подпрограммы обработки изображений, разложение на данные. Создание подпрограммы для данной задачи – одна из важнейших составляющих. Подпрограмма в отличие от основной программы может быть написана на любой визуальной среде и интегрирована в основную программу [7]. На данном этапе с помощью подпрограммы изображение сохра-



Рис. 1. Алгоритм работы

няется в виде двумерного массива, спроектировав маску и с помощью условий некоторых критериев можно ограничить другие внешние помехи – цвета, в двумерных массивах они будут отображены как нули [8].

3. Проектирование подпрограммы воссоздания изображений при наличии цифровых данных [9]. Как и на предыдущем этапе, используем удобную для нас визуальную среду. С помощью нее создаем интегрированную подпрограмму, которая будет создавать из двумерного массива с поврежденными данными целостное изображение [10].

4. Проектирование интерфейса и инструментария программы. В основной программе создается интерфейс пользователя, он наиболее просто отображает возможности данной программы, в нем имеются все необходимые для работы с данными информационные кнопки и инструментальные службы, а также создается справочное меню.

5. Проектирование модуля, поиска основных точек изображения [11]. Важнейшей проблемой остаются помехи. С целью выявления на изображении хоть каких-то следов графической информации проектируется модуль поиска точек, работа которого основывается на разбиении всего изображения на равные сегменты. Далее следует произвести анализ цвета и его важнейших характеристик: цвета, интенсивности и др. [12].

6. Тестирование программы. Если программа сумела дискретизировать данные и воссоздать их, то она работает корректно, если нет, то программа вышет ошибку о недостаточной информации от объекте.

Преимущества разрабатываемой программы заключаются в полной автоматизации процесса, где вмешательство оператора минимально, и простоте пользовательского интерфейса

Недостатками данной программы можно назвать потерю эффективности при больших неточностях и возмущениях на изображении.

Список литературы

1. *Нейман В. И.* Цифровая передача видеоизображений: новые подходы к стандартизации // Электросвязь. 2007. № 9.
2. *Костевич А. Г.* Влияние пространственной дискретизации на точность измерения координат изображения малоразмерного объекта // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2005. Т. 48. № 11.
3. *Салливан Г. Д.* Операции повторной дискретизации и изменения размера изображения для кодирования и декодирования с переменной разрешающей способностью: патент на изобретение RUS2420915 от 08.01.2007.
4. *Тихонов Э. П.* Вероятностные адаптивные алгоритмы дискретного представления аналоговых сигналов. Ч. 1: Исследование свойств // Информационно-управляющие системы. 2011. № 2.
5. *Михайлов И. Е.* Практическое сравнение алгоритма a^* с алгоритмом волновой трассировки (алгоритмом ли) по быстродействию // Наука, техника и образование. 2016. № 1 (19).
6. *Демчук В. А., Чибисов А. Н.* Оцифровка графических изображений с помощью математической системы mathcad / Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2006. № 33.
7. *Зражевский А. Ю., Кокошкин А. В., Коротков В. А.* Исследование влияния количества уровней дискретизации размытого изображения на качество восстановления // Журнал радиоэлектроники. 2013. № 9.

8. *Логунова О. С.* Стохастическая модель качества непрерывнолитой заготовки // Сталь. 2005. № 12.

9. *Бирман Д., Грант Д.* От сканированных изображений к базе знаний. Модель и стратегия научных исследований // Электронные библиотеки. 2005. Т. 8. № 5.

10. *Ваикелис В. В.* Принципы построения высокоразрешающих систем пофрагментного сканирования изображений // Научное приборостроение. 2001. Т. 11. № 1.

11. *Луценко Е. В., Бандык Д. К.* Автоматизированный системно-когнитивный анализ изображений по их внешним контурам (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 110.

12. *Логвинов А. М., Поленова Ю. Е.* Основанные на вейвлетах гистограммы для оценки селективности запросов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Экономика. Информатика. 2009. Вып. № 7 (62). Т. 10-1.

Научный руководитель: *М. Л. Шустрова*, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации КНИТУ.

**Секция
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА
И ИНФОРМАТИКА
В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМ
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ**

НОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ФОРМИРОВАНИИ И ПРЕОБРАЗОВАНИИ ГОЛОСА

Новые представления о формировании голоса стали результатом совместных работ сотрудников СПбГИКиТ и фониаторов СПбНИИ ЛОР. В основу работы легла модуляционная теория звуковых сигналов, с помощью которой в последнее время создан ряд новых приборов, предназначенных для обработки звуковых сигналов. В данной работе разработано техническое устройство, главной задачей которого является повышение качества звучания речи людей без гортани.

Модуляционная теория имеет широкий спектр применения, основанный на обработке сигналов во временной области, в частности ее можно взять за основу для решения проблем обработки широкополосных звуков сигналов.

Устройство разработано на теоретической базе метода обработки звуковых сигналов, который известен под названием модуляционный анализ-синтез звуковых сигналов. Согласно этому методу будет выстраиваться математическая модель устройства повышения качества речи людей без гортани, для последующей его разработки.

Главной задачей работы является повышение качества звучания речи людей без гортани. Проведенные исследования [2] показали возможность осуществления этой задачи.

Решение заключается в преобразовании шумоподобных гласных звуков пищеводного голоса в гласные звуки с дискретным спектром гармоник, похожие на голос здорового человека. Как известно [1], любой гласный звук речи имеет спектр, состоящий в основном из гармоник колебания основного тона, причем наблюдаются максимумы (форманты) огибающей этого спектра, характерны для каждой гласной своими частотами формант.

А исследования [2] показали, что в шумоподобных звуках пищеводного голоса людей без гортани сохраняются форманты, но отсутствуют и основной тон, и его гармоники. Там же было установлено, что гильбертова огибающая речевых сигналов содержит информацию о положении формант на оси частот.

Известен способ, позволяющий создавать звук, спектр которого содержит колебания основного тона и его гармоник, с помощью внешнего генератора механических колебаний. При этом источник механических колебаний вручную прижимают к подбородку или другой части артикуляционного тракта.

К причинам, препятствующим достижению требуемого технического результата при использовании известного способа, относится то, что внешний генератор не преобразует качество звучания звуков речи, а работает независимо от произносимых звуков, в том числе и в паузах между произнесенными звуками речи. При этом формируется речь очень низкого качества.

Таким образом, актуальной является задача разработки нового способа решения проблемы повышения качества звуков речи людей без гортани, а также образования голосовых сигналов с целью их изменения [2; 4; 5].

Для создания из шумоподобного гласного звука пищеводного голоса со сплошным спектром – сигнала с дискретным спектром, характерным для гласного звука здорового человека, из преобразуемой области частот (т. е. речь идет из области частот, ограниченной сверху частотой 2 кГц) выделяют спектральные составляющие возле желаемой частоты основного тона голоса.

После преобразования шумоподобных гласных звуков пищеводного голоса через устройство, на выходе мы должны получить выходной речевой сигнал, который имеет более высокое качество звучания, чем исходный.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что благодаря реализации данного устройства, можно улучшить качество звучания речи людей без гортани.

Список литературы

1. *Здольников Д. В., Уваров В. К.* Цифровой преобразователь Гильберта широкополосных сигналов. Технические науки – от теории к практике. 2013. № 27-2.
2. *Маркин Д. Н., Уваров В. К.* Результаты практических исследований соотношений между спектрами сигнала, его огибающей, косинусом фазы и мгновенной частотой. Депонированная рукопись № 181-кт от 24.12.2007.
3. *Сапожков М. А.* Речевой сигнал в кибернетике и связи. М.: Связь, 1963.
4. *Уваров В. К.* Способ и устройство одновременного точного деления мгновенной частоты и точного воздействия в степень огибающей звуковых сигналов. Патент на изобр. RUS 2152075 от 29.10.1998.
5. *Уваров В. К.* Способ и устройство точного аналогового деления мгновенной частоты сигналов. Патент на изобр. RUS 2130651 от 20.05.1999.
6. *Уваров В. К.* Точное компандирование частотного и динамического диапазонов звуковых сигналов. СПб.: СПбГУКиТ, 2002.

Научный руководитель: *В. К. Уваров*, доктор техн. наук, проф. кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 534.842

И. А. Шоломов

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

АКУСТИКА КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА НА 1000 МЕСТ

Качество звучания музыки в большинстве случаев зависит от профессионализма музыкантов и звукорежиссеров, но окончательное звучание дает именно пространство, в котором исполняется музыкальное произведение. Поэтому немаловажную роль играет акустический проект концертного зала.

План расчета акустического проекта включает в себя следующие процедуры: определение формы и размеров зала; акустический расчет помещения, в том числе расчет времени реверберации и звукопоглощения, расчет энергетический критериев, расчет и построение структуры ранних отражений, расчет уровня шума в помещении [1].

В первую очередь мы определяем форму и размер зала на 1000 мест. Чтобы уместить всех и уменьшить объем зала, мы сделаем зал с выходом на

балконы. В результате у нас получилось 23 ряда по 32 места на первом этаже и 3 ряда по 47 и 44 места на балконе (рис. 1).

Также очень важно рассчитать профиль потолка так, чтобы обеспечить энергией всех слушателей, сидящих в зрительном зале (рис. 2).

В результате мы получили зал размером $31,5 \times 22 \times 14,5$ м и объемом 5368 м^3 .

Акустическая обработка помещения проводится с целью обеспечения необходимого времени реверберации [2]. Исходя из объема и назначения помещения определяется оптимальное время реверберации $T_{\text{опт}}$ для частоты 500 Гц: $T_{\text{опт}} = 1,3 \pm 10\% \text{ с}$.

Используя формулу Эйринга, по известным значениям $T_{\text{опт}}$ определяются коэффициенты поглощения поверхностей помещения $\alpha_{\text{ср}}$ а также время стандартной реверберации для следующих частот: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц [3].

$$T = 0,164 V / (-S \ln(1 - \alpha_{\text{ср}}) + 4 \mu V). \quad (1)$$

В соответствии с полученными значениями для помещения выбирают наименования и тип звукопоглощающих материалов, а также их площади, которыми обрабатываются все внутренние поверхности зала. Расчет проводится для пустого зала, поскольку нет информации о его заполнении зрителями, которые влияют на общее поглощение.

В результате мы получили расчетное время реверберации, не превышающее 10%-й допуск (рис. 3).

К энергетическим параметрам качества относятся такие, значение которых определяется соотношением энергий начального и завершающего участков реверберационного процесса помещения [3].

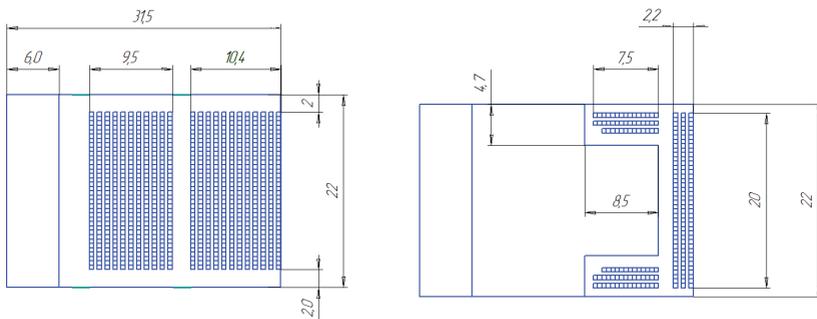


Рис. 1. План первого и второго этажей зала

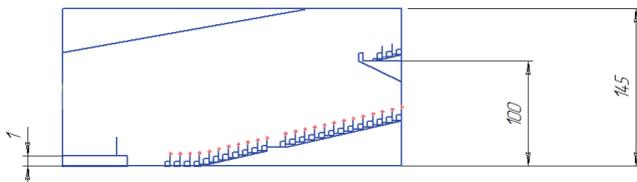


Рис. 2. Построение профиля потолка зала

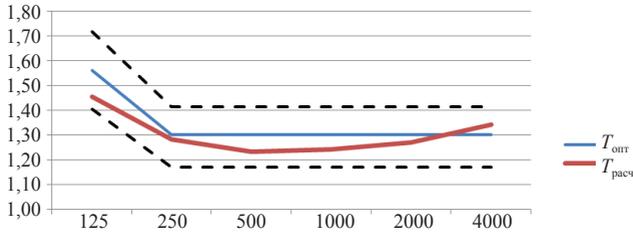


Рис. 3. Частотная зависимость расчетного времени реверберации

Каждый из параметров можно определить исходя из известного значения $T_{расч}$.

Индекс четкости C_{50}

$$C_{50} = 10 \log_{10} \left(\frac{r_0^2 + 1 - e^{-0,7/T_{расч}}}{e^{-0,7/T_{расч}}} \right), \quad (2)$$

где $r_0 = r_r / r$, где r_r – радиус гулкости помещения, r – расстояние от излучателя до исследуемой точки,

$$r_r = 0,25 \sqrt{\frac{\alpha_{ср} S}{(1 - \alpha_{ср}) \pi}}. \quad (3)$$

Индекс прозрачности C_{80} отвечает за степень, с которой отдельные звуки в музыкальном произведении четко разделяются

$$C_{80} = 10 \log_{10} \left(\frac{r_0^2 + 1 - e^{-1,1/T_{расч}}}{e^{-1,1/T_{расч}}} \right). \quad (4)$$

Индекс пространственного впечатления отвечает за ощущение слушателя, будто музыка от группы, от всей ширины зала и звук окружают его со всех сторон.

$$P = 10 \log_{10} \left(\frac{e^{-0,35/T_{расч}} + e^{-1,1/T_{расч}}}{r_0^2 + 1 - 0,9 e^{-0,7/T_{расч}} - 0,1 e^{-0,7/T_{расч}}} \right). \quad (5)$$

В нашем акустическом проекте мы проигрываем в показателях индекса четкости и прозрачности, однако получили хорошие значения для показателей индекса пространственности, что хорошо скажется на восприятии современной популярной музыки.

Далее произведем расчет и построение первых отражений.

На выполненном разрезе (рис. 5) и плане (рис. 4) помещения обеих этажей определяем длины прямого $l_{пр}$ и отраженных лучей $l_{отр}$ для выбранных точек излучения и приема. Определяем время задержки между отраженным от преграды и прямым лучами [3]:

$$\tau = (l_{отр} - l_{пр}) / C_0, \text{ мс}, \quad (6)$$

где $C_0 = 340$ м/с – скорость звука в воздухе.

Определяем соотношение уровней прямого и отраженного сигналов в точке приема [3]:

$$\Delta L = 20 \lg(l_{пр} / l_{отр}) + 10 \lg(1 - \alpha), \text{ дБ}. \quad (7)$$

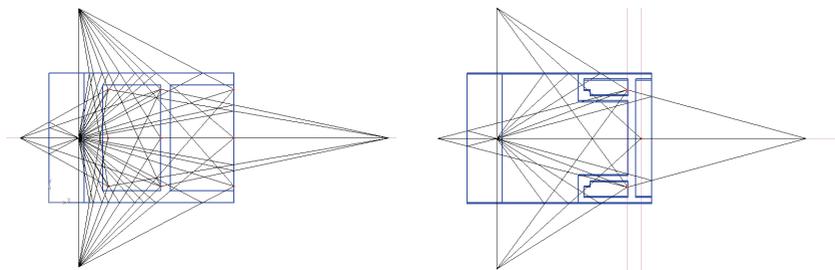


Рис. 4. Отраженные лучи от всех поверхностей для первого и второго этажей

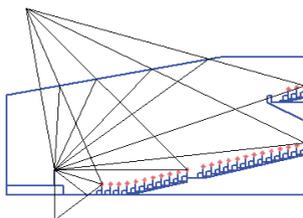


Рис. 5. Ход отраженных лучей от потолка и пола

Время задержки отраженного звука относительно прямого, а также разность их уровней приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Время задержки отраженного звука относительно прямого,
разность их уровней**

	Потолок		Задняя стена		Передняя стена		1-я боковая		2-я боковая	
	X, мс	ΔL	T, мс	ΔL	T, мс	ΔL	T, мс	ΔL	T, мс	ΔL
П1	4,35	-12,14	12,61	-20,32	2,85	-12,49	5,05	-15,0	5,05	-15,05
П2	2,97	-5,20	7,38	-9,98	2,94	-8,08	3,55	-8,11	3,55	-8,11
П3	1,76	-2,22					2,29	-5,13	2,29	-5,13
П4	8	-12,12	11,47	-15,11	2,20	-8,38	1,47	-15,04	6,23	-15,0
П5	4	-5,75	6,91	-8,8	2,64	-7,21	0,97	-8,66	5,02	-8,66
П6	6,73	-5,74					0,70	-8,66	3,76	-8,66
П7	8	-12,12	11,47	-15,11	2,20	-8,38	6,23	-15,04	1,47	-15,044
П8	4	-5,75	6,91	-8,8	2,64	-7,21	5,02	-8,66	0,97	-8,66
П9	6,73	-5,74					3,76	-8,66	0,70	-8,66

α	0,1	0,21	0,54	0,54	0,54
----------	-----	------	------	------	------

при 500 Гц

На основе табл. 1 мы можем сделать вывод, что для всех мест в зрительном зале (от первых рядов до последних на балконе) эффект «эха» будет отсутствовать, так как он наблюдается при времени запаздывания более 80 мс.

Немаловажную роль играет также расчет шума. Общее впечатление от любого исполнения может быть испорчено, если в зале имеется высокий уровень мешающих шумов.

В соответствии с расположением зала, определяются уровни шума за каждой из его преград. За задней и боковыми стенами находится фойе. Под полом и над потолком располагается вентиляция (рис. 6).

Для расчета уровня шума в помещении используют следующие формулы [3] и табл. 2:

$$L_{ш} = 10 \lg(\sum S_i 10^{0,1(L_i - D_i)}) - 10 \lg(\alpha_{ср} S), \text{ дБ}; \quad (8)$$

$$D_i = 20 \lg[(\omega \rho_{\text{мат}} I_{\text{перп}}) / (\rho_0 c_0)], \text{ дБ}. \quad (9)$$

Полученный уровень звуковых давлений на всех частотах меньше допустимых значений, следовательно, дополнительные меры по звукоизоляции помещения не требуются.

Общее акустическое впечатление от помещения, в котором прослушивается музыка, складывается из всех вышеперечисленных факторов [1]. Нам удалось добиться высоких показателей критериев оценки качества звучания (рис. 7).

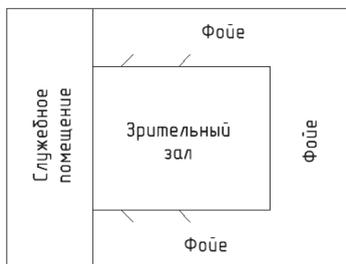


Рис. 6. Расположение зала

Таблица 2

Расчет частотной характеристики шума в зале

$f, \text{ Гц}$	$\sum S_i \cdot 10^{0,1(N_i D_i)}$	$10 \lg \sum S_i \cdot 10^{0,1(N_i D_i)}$	$10 \lg(\alpha_{ср} S)$	$L_{ш}, \text{ дБ}$
125,00	35058,98	45,45	28,54	16,91
250,00	31098,70	44,93	29,17	15,76
500,00	27138,42	44,34	29,17	15,17
1000,00	23178,14	43,65	29,06	14,59
2000,00	19217,85	42,84	28,70	14,13
4000,00	15257,57	41,83	27,82	14,02

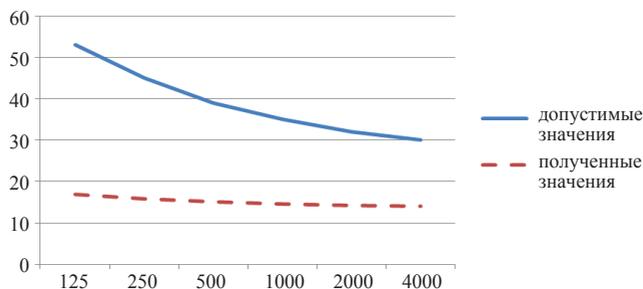


Рис. 7. График уровня шума

Список литературы

1. Смирнова Н. А. Акустические системы озвучивания помещений и архитектурная акустика: методическое руководство по выполнению курсового проекта. СПб.: СПбГУКиТ, 2007.
2. Давыдов В. В. Акустика студий и кинотеатров: текст лекций. Л.: ЛИКИ, 1987.
3. Акустика: учебник для вузов / Ш. Я. Вахитов, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев, Ю. П. Щевьев; под ред. проф. Ю. А. Ковалгина. М.: Горячая линия-Телеком, 2009.

Научный руководитель: Н. А. Смирнова, доцент кафедры физики и математики СПбГИКиТ.

УДК 534.2

И. А. Вдовин

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА НА 600 ЧЕЛОВЕК

В данной статье рассматривается акустический расчет небольшого уютного зала многоцелевого назначения вместимостью 600 человек.

В расчет входит: определение размеров и формы зала (с построением профилей пола и потолка); акустический расчет зала: определение оптимального времени реверберации зала и его частотной характеристики; расчет фонда поглощения; расчет энергетических параметров акустического качества помещения расчет и построение структуры ранних отражений; расчет уровней проникающих шумов.

Рассчитанный на 600 человек зал проектируется исходя из количества мест. Длина, ширина и высота зала не должны быть кратными, чтобы не возникло искажений тембральных характеристик звука.

Количество мест в ряду принимается равным 24, количество рядов – 25. Ряды разделяются на две части по 12 рядов, которые разделены проходом. В зале находятся 3 двери для входа и выхода слушателей.

Пол в зале профилируется. Необходимость такого профилирования обусловлена тем, что слушатель должен свободно наблюдать за происходящим на сцене. Для этого каждый ряд, начиная с третьего, располагается выше стоящего перед ним ряда на 20 см, а с шестнадцатого ряда – на 30 см.

Потолок также профилируется для обеспечения энергией первых отражений слушателей, для которых прямой энергии от естественного источника на сцене недостаточно для комфортных условий восприятия.

На рис. 1 и 2 представлены план и разрез зала (помещения).

Исходя из объема и назначения помещения определяется оптимальное время реверберации $T_{\text{опт}}$ для частоты 500 Гц: $T_{\text{опт}}(f=500 \text{ Гц}) = 1,1 \text{ с}$.

Используя формулу Эйринга, по известным значениям $T_{\text{опт}}$ определяются коэффициенты поглощения поверхностей помещения $\alpha_{\text{ср}}$ для частот 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц:

$$T = 0,164 V / (-S \ln(1 - \alpha_{\text{ср}}) + 4\mu V). \quad (1)$$

В формуле (1) $S = 1340 \text{ м}^2$ – площадь всех ограничивающих поверхностей; $V = 2000 \text{ м}^3$ – объем зала; μ – коэффициент затухания звука в воздухе, м^{-1} . Для всех выбранных частот определяется оптимальный фонд поглощения (табл. 1):

$$A_{\text{опт}} = \alpha_{\text{ср}} S. \quad (2)$$

Необходимо подобрать звукопоглощающие материалы с такими соотношениями площадей и коэффициентами звукопоглощения, чтобы получить оптимальное время реверберации – примерно от 0,9 до 1,2 с, которое выбра-

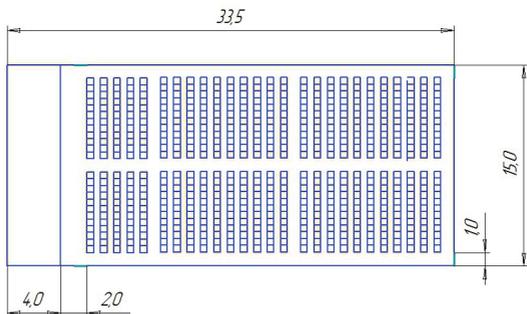


Рис. 1. План зала

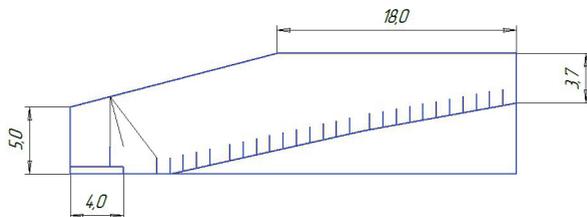


Рис. 2. Разрез зала

Оптимальный фонд поглощения

$f, \text{Гц}$	125	250	500	1000	2000	4000
$T_{\text{опт}}, \text{с}$	1,32	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
$\alpha_{\text{ср}}$	0,17	0,2	0,2	0,195	0,18	0,15
$A_{\text{опт}}$	228	295	295	287	265	221

но на основании рекомендаций для концертных залов объемом около 2000 м³ на частоте 500 Гц. В соответствии с полученными значениями $A_{\text{опт}}$ для помещения выбирают наименования и тип звукопоглощающих материалов, а также их площади, которыми обрабатываются все внутренние поверхности зала. Расчет проводится для пустого зала, поскольку нет определенности в его заполняемости зрителями, которые влияют на общее поглощение. В соответствии с проделанными расчетами пол обрабатывается паркетом по асфальту, потолок – гипсокартонными панелями, нижняя часть стен обрабатывается материалом turdesign 30 мм, верхняя – штукатуркой, козырек и двери выполняются из лакированной древесины. Исходя из этого получаем следующую частотную характеристику (рис. 3).

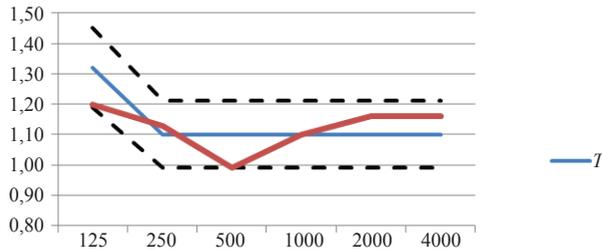


Рис. 3. Частотная характеристика времени реверберации

Расчетное время реверберации укладывается в границы допустимых значений.

Но это не единственный критерий хорошего ощущения звука слушателями в зале. Поэтому рассчитываются также энергетические параметры качества, которые определяются соотношением энергий начального и завершающего участков реверберационного процесса помещения.

Каждый из параметров можно определить исходя из известного значения $T_{\text{расч}}$.

Индекс четкости C_{50} :

$$C_{50} = 10 \log_{10} \left(\frac{r_0^2 + 1 - e^{-0,7/T_{\text{расч}}}}{e^{-0,7/T_{\text{расч}}}} \right), \quad (3)$$

где $r_0 = r_r / r$, где r_r – радиус гулкости помещения, r – расстояние от излучателя до исследуемой точки,

$$r_r = 0,25 \sqrt{\frac{\alpha_{\text{ср}} S}{(1 - \alpha_{\text{ср}}) \pi}}. \quad (4)$$

Индекс прозрачности C_{80} отвечает за степень, с которой отдельные звуки в музыкальном произведении четко разделяются

$$C_{80} = 10 \log_{10} \left(\frac{r_0^2 + 1 - e^{-1,1/T_{\text{расч}}}}{e^{-1,1/T_{\text{расч}}}} \right). \quad (5)$$

Индекс пространственного впечатления отвечает за ощущение слушателя, будто музыка от группы, от всей ширины зала и звук окружают его со всех сторон.

$$П = 10 \log_{10} \left(\frac{e^{-0,35/T_{\text{расч}}} + e^{-1,1/T_{\text{расч}}}}{r_0^2 + 1 - 0,9 e^{-0,7/T_{\text{расч}}} - 0,1 e^{-0,7/T_{\text{расч}}}} \right). \quad (6)$$

Расчет всех параметров проводится для нескольких точек помещения, охватывающих все зрительские места. Результаты расчетов представлены в табл. 2–4.

Индекс четкости C_{50}

Таблица 2

1,3 дБ	3,58 дБ	1,3 дБ
0,58 дБ	0,69 дБ	0,58 дБ
0,39 дБ	0,42 дБ	0,39 дБ
0,3 дБ	0,31 дБ	0,3 дБ
0,248 дБ	0,253 дБ	0,248 дБ

Индекс прозрачности C_{80}

Таблица 3

3,96 дБ	5,88 дБ	3,96 дБ
3,38 дБ	3,47 дБ	3,38 дБ
3,24 дБ	3,26 дБ	3,24 дБ
3,17 дБ	3,18 дБ	3,17 дБ
3,13 дБ	3,136 дБ	3,13 дБ

Индекс пространственного впечатления $П$

Таблица 4

1,35 дБ	-1,52 дБ	1,35 дБ
2,38 дБ	2,21 дБ	2,38 дБ
2,65 дБ	2,61 дБ	2,65 дБ
2,78 дБ	2,77 дБ	2,78 дБ
2,86 дБ	2,86 дБ	2,86 дБ

Как видно из табл. 2–4, индексы четкости и прозрачности укладываются в границы допусков, а индекс пространственного впечатления не удовлетворяет заданным пределам на первом ряду возле центрального прохода.

Для этих же точек зала рассчитаем и построим структуры ранних отражений. Для этого на выполненном разрезе (рис. 2) и плане (рис. 1) помещения определяем длины прямого $l_{пр}$ и отраженных лучей $l_{отр}$ для выбранных точек излучения и приема. Определяем время задержки между отраженным от преграды и прямым лучами:

$$\tau = (l_{отр} - l_{пр}) / C_0, \text{ мс}, \quad (7)$$

где $C_0 = 340 \text{ м/с}$ – скорость звука в воздухе. Далее определяем соотношение уровней прямого и отраженного сигналов в точке приема:

$$\Delta L = 20 \lg(l_{пр} / l_{отр} + 10 \text{ дг}(1 - \alpha), \text{ дБ}. \quad (8)$$

Эту величину откладываем для каждого отражения, приходящего от разных поверхностей (потолок, стены) в данную точку (П1...П15), относительно нулевого уровня (рис. 4).

Можно сделать вывод, что структура отражений оптимальна, и что прямой и отраженный звуки воспринимаются слитно, без возникновения эха.

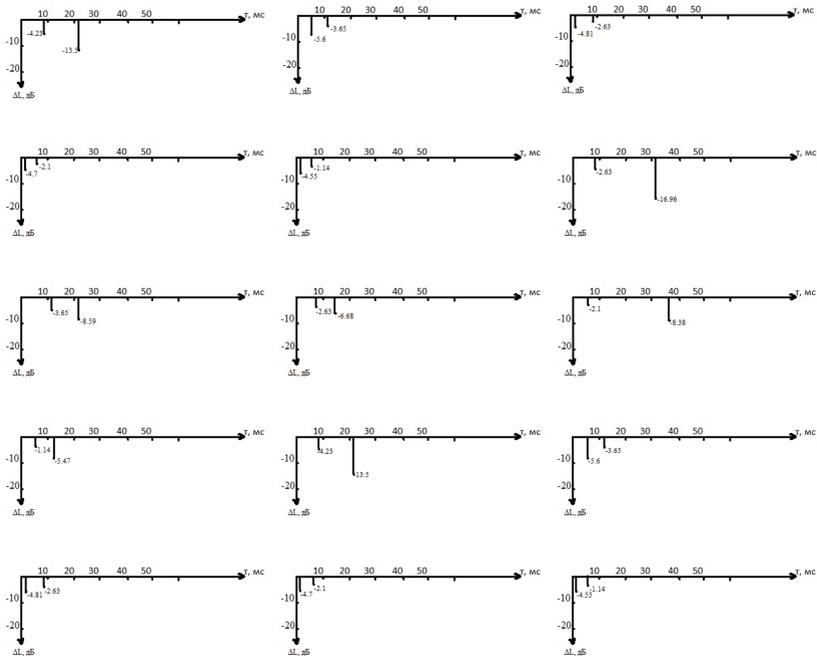


Рис 4. Картина начальных отражений для разных излучающе-приемных пар

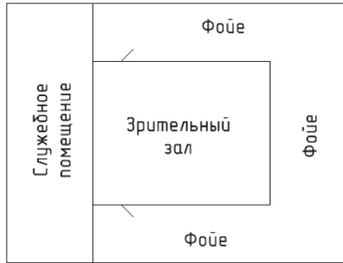


Рис. 5. Расположение концертного зала

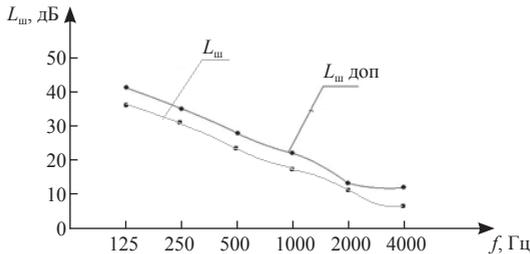


Рис. 6. Частотная характеристика допустимого и полученного уровней шумов

Рассчитаем уровень проникающих в помещение шумов. Будем считать, что зал находится на втором этаже помещения. Под полом и потолком – вентиляция. За задней и боковыми стенами находится фойе, за сценой – служебное помещение. Толщина кирпичных стен и бетонного пола и потолка 0,250 м, толщина каждой двери 0,010 м (рис. 5).

Рассчитаем уровень шума для данного помещения, который сравнивается с допустимым уровнем шума в концертном зале (рис. 6):

$$L_{ш} = 10 \lg (\sum S_i 10^{0,1(L_i - D_i)}) - 10 \lg (\alpha_{ср} S), \text{ дБ}; \quad (9)$$

$$D_i = 20 \lg [(\omega \rho_{\text{мат}} I_{\text{прегр}}) / (\rho_0 c_0)], \text{ дБ}. \quad (10)$$

Из рис. 6. видно, что шум не превышает допустимой нормы.

Помимо рассчитанных параметров необходимо также рассчитать звукоусиление и проверить помещение на наличие тембральных искажений, что и будет проделано в дальнейшем.

Список литературы

1. Смирнова Н. А. Акустические системы озвучивания помещений и архитектурная акустика: метод. рук. по вып. курс. проекта. СПб.: СПбГУКиТ, 2007.
2. Давыдов В. В. Акустика студий и кинотеатров: текст лекций. Л.: ЛИКИ, 1987.
3. Акустика: учебник для вузов / Ш. Я. Вахитов, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев, Ю. П. Щевьев; под ред. проф. Ю. А. Ковалгина. М.: Горячая линия-Телеком, 2009.

Научный руководитель: Н. А. Смирнова, доцент кафедры физики и математики СПбГИКиТ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНДЕНСАТОРНОГО МИКРОФОНА ДЛЯ СИСТЕМ ЗВУКОУСИЛЕНИЯ

При проектировании микрофонов для систем звукоусиления (СЗУ) следует учитывать некоторые факторы, которые в малой степени влияют при создании микрофонов для студийного использования. Однако важнейшее требование для микрофонов студийной записи – ширина частотного и динамического диапазонов – может быть снижено для микрофонов СЗУ.

При разработке микрофонов для высококачественных СЗУ приходится идти на компромисс в вопросах разборчивости речи, безупречности передачи тембральных окрасок голоса или инструмента и снижения уровня акустического шума, попадающего в микрофон. При этом наиважнейшим фактором, особенно в СЗУ речи, является разборчивость. Кроме того, в СЗУ имеет значение довольно большой уровень звукового давления на местах слушателей при полном устранении самовозбуждения, которое появляется из-за паразитной акустической обратной связи (АОС). К тому же микрофоны для СЗУ должны быть малочувствительны к ветровым и вибрационным помехам.

По условиям использования микрофоны для СЗУ делятся на 5 групп:

1) микрофоны, размещенные удаленно, на уровне рта говорящего в руках или на напольной стойке, называемые микрофонами зала в СЗУ речи;

2) микрофоны, расположенные вблизи плоскости стола или поопитра, именуемые микрофонами участника или председателя в СЗУ речи;

3) микрофоны, помещенные на некоторую глубину от столешницы, их часто называют скрытыми, и они характерны для специальных систем звукоусиления;

4) петличные микрофоны (нагрудные), которые довольно часто используются с радиопередатчиком;

5) остронаправленные микрофоны, которые часто держат в руках звуко-режиссер или звукооператор – «пушки».

Чтобы повысить отношение «полезный сигнал – шум» и сделать выше уровень устойчивости СЗУ, следует размещать микрофон довольно близко к источнику первичного сигнала (рту оратора).

Петличные микрофоны обычно ненаправленные. Поэтому расположение их на небольшом расстоянии к источнику сигнала не изменяет частотную характеристику чувствительности (ЧХЧ) в области низких частот.

При использовании ручных микрофонов, часто однонаправленных, принимают меры для корректировки низких частот, т. е. их «завала» при работе близко к источнику сигнала, чтобы не было подъема в низкочастотной области и чтобы избежать довольно большой вибровосприимчивости.

Губные, или антишумовые, микрофоны, имеющие характеристику направленности, близкую к «восьмерке», из-за довольно высокой неравномерности ЧХЧ и малого диапазона частот не применяются в новых высококачественных СЗУ.

При определенных обстоятельствах, когда невозможно использовать микрофоны на достаточно близком расстоянии от источника сигнала, следует применять остронаправленные микрофоны с коэффициентом направленности, значение которого выше 4, однако они достаточно громоздки и дорогостоящи. Поэтому, как и петличных, их применение в СЗУ ограничено, особенно в тех залах, где довольно много выступающих.

Но не стоит забывать о том, что основными параметрами направленности микрофонов следует считать коэффициент направленности, соотношение коэффициентов направленности в передней и задней полусферах и средний перепад чувствительности «фронт–тыл».

В микрофонах с однонаправленной характеристикой наибольшее значение коэффициента направленности у микрофонов с характеристикой направленности «гиперкардиоида» и одинаково для микрофонов с характеристикой направленности «кардиоида» и «восьмерка». Однако такие микрофоны могут быть «одинаковыми» только в полном диффузном поле, т. е., если микрофон располагается за границами радиуса гулкосты, что почти не встречается в реальности.

Следующий критерий, который необходимо учитывать при выборе микрофона, средний перепад «фронт–тыл», который часто применялся для того, чтобы оценивать направленные свойства микрофонов, в данное время не является информативным. Так как под «средним перепадом» могут быть скрыты два микрофона с абсолютно противоположными частотно-пространственными характеристиками, и максимальный перепад «фронт–тыл» часто встречается в микрофонах с кардиоидной характеристикой направленности.

Еще одним часто используемым критерием является отношение коэффициентов направленности в передней и задней полусферах. Этот критерий указывает на коэффициент уменьшения помех и шумов из задней полусферы, если сравнивать его с полезным сигналом из передней полусферы микрофона, что довольно часто можно обнаружить в СЗУ. Данный критерий становится наибольшим в таких микрофонах, у которых суперкардиоидная характеристика направленности, в них соотношение коэффициентов направленности в передней и задней полусферах увеличивается примерно в два раза по сравнению с микрофонами, у которых ХН «кардиоида» или «гиперкардиоида». Он является одинаковым также для ХН «круг» и «восьмерка», поэтому его нельзя считать однозначным и достаточным [1; 3].

При создании микрофонов для систем звукоусиления, помимо того, что нужно учитывать подавление акустического шума и высокую устойчивость системы, когда характерна акустическая обратная связь, необходимо учитывать еще несколько факторов:

- эффект ближней зоны, который основывается на выделении низкочастотной области, если приемник находится на достаточно небольшом расстоянии от источника сигнала, что приводит к отрицательным изменениям в разборчивости речи и ее тембральных окрасок;

- аэродинамические (вызванные дыханием оратора и произнесением резких, шипящих и согласных, и вибрационные помехи, появляющиеся при встрясках, резком касании стойки или самого приемника, т. е. микрофона, в которых преобладает низкочастотная область спектра;

- реверберационные помехи в таких помещениях, где нет достаточной акустической обработки (а это практически все залы для конференций и раз-

личных заседаний), которые превалируют в области низких частот, что абсолютно точно влияет на разборчивость отнюдь не в положительную сторону.

Проанализировав особенности микрофонов для систем звукоусиления, можно сформулировать несколько важных условий, которые следует учитывать при разработке микрофонов данного вида.

1. Номинальный диапазон частот – от 100 до 12 000–15 000 Гц (для вокальных микрофонов нижняя граничная частота ниже приблизительно на октаву).

2. В низкочастотной области в стандартной ЧХЧ необходимо иметь плавный спад на графике характеристики, начиная с 300–500 Гц с возрастающей к низкочастотной части спектра крутизной.

3. В области высокочастотной в ЧХЧ необходимо иметь выраженный подъем на 3–5 дБ, начиная с 1,5–2 кГц до 5–7 кГц с плавным понижением высоких частот. Этим создается эффект «присутствия», повышается разборчивость речи, чистота и легкость при использовании микрофона для музицирования, что облегчает работу звукорежиссера.

4. Характеристика направленности микрофона для СЗУ должна быть близка к суперкардиоиде, т. е. иметь перепад уровня чувствительности 0–90° в 8–10 дБ, а также быть по возможности частотно независимой, особенно в области частот 300–3000 Гц, где преобладает шум речи и существует наибольшая опасность появления отрицательной обратной связи.

5. Возможны вспомогательные меры для виброразвязки этого микрофона от опоры (трибуны, стола, пола).

6. Уровень собственного шума микрофона для СЗУ должен быть меньше 24–26 дБ, а уровень предельного звукового давления больше 114–120 дБ

7. Для предотвращения «задувания» подвижной системы от дыхания оратора или вокалиста необходимо предусмотреть специальную защиту от ветра, которая должна быть встроена в корпус и выполнена из множества металлизированных слоев сетки. Но при такой ветрозащите критерий обязательной минимизации данного вида микрофона не сможет быть осуществим. Поэтому необходимо использовать многослойный флизелин в зазоре между сеткой или у капсуля.

8. Конструкция создаваемого микрофона должна быть обязательно заземлена, так как подобная аппаратура эксплуатируется рядом с осветительной аппаратурой, различными щитками и силовыми установками.

9. Размерные величины микрофона необходимо проектировать достаточно маленькими во избежание различных телевизионных помех при онлайн-трансляциях или записи какого-либо мероприятия с использованием данной аппаратуры. Внешняя конструкция не должна бликовать или быть очень яркой, поэтому корпус микрофона, как правило, покрывают черной или темно-серой краской [2].

Список литературы

1. *Вахитов Ш. Я.* Современные микрофоны. Теория, проектирование. СПб.: СПбГУКиТ, 2003.

2. *Вахитов Ш. Я.* Электроакустика: учеб. пособие для вузов. СПб.: СПбГИКиТ, 2015.

3. Расчет и проектирование профессиональных микрофонов: учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. СПб.: СПбГУКиТ, 2008.

Научный руководитель: *Ш. Я. Вахитов*, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВУХПОЛОСНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ БЫТОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Несмотря на большой выбор бытовых акустических систем (АС), качество звучания многих оставляет желать лучшего, поэтому анализ требований к этим АС и условий прослушивания очень важен.

Акустическая система является решением проблемы, которая возникает при желании получить устройство, одинаково воспроизводящее звук на всех частотах, слышимых человеком. Но даже современные технологии не позволяют создать АС с такими характеристиками, которые могли бы удовлетворить потребности всех отраслей, в которых они используются. Поэтому существует множество АС: кинотеатральные, концертные, студийные мониторы, домашние и т. д. Каждая из перечисленных АС создается с учетом особенностей их дальнейшего использования. Необходимо подобрать значение параметров и характеристик АС таким образом, чтобы результатом проектирования стало устройство отвечающее данным особенностям. Например студийный монитор должен обладать максимально линейной АЧХ и ФЧХ, для того чтобы воспроизводить звук как он есть, с максимальной точностью, без всякой окраски и искажений. Концертная АС должна иметь большую мощность для озвучивания больших помещений и иметь крепкую конструкцию.

Рабочий диапазон частот системы определяется поставленными перед ней задачами звукообеспечения. Для полноценной передачи всех формант русской речи диапазон должен находиться в пределах 300–8000 Гц [1].

В зависимости от мероприятий, обслуживаемых системой, требования к рабочему диапазону частот варьируются. Звуковое оформление помещений торговых комплексов, гостиниц, офисов и других общественных зданий обычно не предназначено для воспроизведения частот ниже 100 Гц. Современная концертная система, как правило, должна эффективно воспроизводить звук в диапазоне 55–17000 Гц. В кинотеатрах для воспроизведения специальных эффектов, мощных басов, используются акустические системы, работающие в субНЧ-диапазоне – от 25–30 Гц. При домашнем воспроизведении звука необходимо учитывать, что предстоит прослушивать огромный объем музыкальных и речевых программ. Поэтому при проектировании следует стремиться к диапазону частот, близкому к диапазону, слышимому человеком (20–20000 Гц). Часто стремятся расширить его сверху, для воспроизведения кратных гармоник в спектре сигнала, но это уже считается Hi-Fi-техниккой.

Требования к ширине и равномерности частотного диапазона определяются в значительной мере *количеством полос* воспроизведения акустических систем. Для речевых и музыкально-речевых (трансляционных) систем практически всегда оптимальным выбором являются 2-полосные системы с пассивным разделением сигнала на ВЧ- и НЧ-составляющие в самом гром-

коговорителе. В некоторых случаях, когда требуется речевое оповещение на значительном удалении от места размещения громкоговорителя, а также для создания высоких уровней звукового давления (например, оповещение в рабочих цехах предприятий и пр.) возможно применение однополосных систем направленного (рупорного) типа. Театральные и концертные системы, как правило, строятся по 3- или даже 4-полосному принципу.

Динамические головки сами по себе имеют низкий КПД и преобразуют в звуковые колебания лишь 2–3% мощности подводимого к ним электрического сигнала. Величина, которую указывает производитель в паспорте динамика или системы в целом, говорит лишь о том, что при подведении сигнала указанной мощности динамическая головка или акустическая система не выйдет из строя (вследствие критического разогрева и межвиткового КЗ провода, «закусывания» каркаса катушки, разрыва диффузора, повреждения гибких подвесов системы и т. п.). Такая мощность называется максимальной. Можно сказать, что данный параметр очень косвенно влияет на звучание АС, и только в совокупности с чувствительностью дает возможность понять, какой громкостью будет обладать система.

Основной мерой эффективности акустической системы является ее *чувствительность*, определяемая как «звуковое давление, развиваемое акустической системой на расстоянии 1 м при подаче на нее стандартного тестового сигнала (обычно розового шума), электрическая мощность которого составляет 1 Вт». Чувствительность – характеристика, более важная при проектировании акустических систем. Зная значение чувствительности и номинальную мощность акустической системы, можно достаточно просто рассчитать и теоретическое значение максимального уровня звукового давления, создаваемого акустической системой.

Одним из важных факторов, влияющих на звучание акустической системы, является *акустическое оформление* излучающей динамической головки. Поскольку на высокочастотные и среднечастотные динамические головки

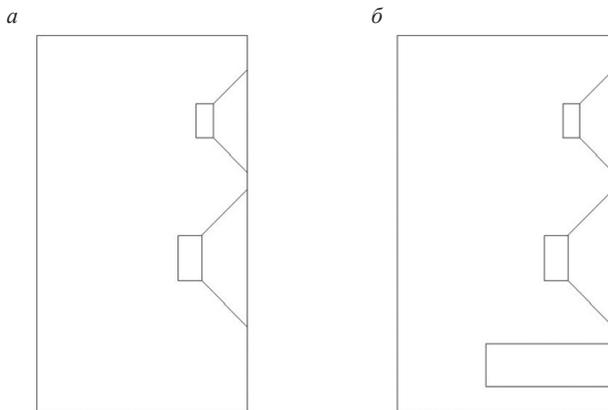


Рис. 1. Акустическое оформление:
а – закрытый ящик, б – с фазоинвертором

акустическое оформление колонки практически не влияет, рассмотрим наиболее распространенные варианты низкочастотного акустического оформления корпуса.

Очень широко применяется акустическая схема, получившая название «закрытый ящик» (рис. 1, а). Относится она к нагруженному акустическому оформлению. Представляет собой закрытый корпус с выведенным на фронтальную панель диффузором динамика. Такое оформление обеспечивает ровную АЧХ и хорошую импульсную характеристику, но имеет маленький КПД, поэтому возникает потребность в сильном усилителе.

Вместо того чтобы бороться со звуковыми волнами, вызванными колебаниями обратной стороны диффузора, их можно использовать. Наиболее распространенным вариантом из систем двойного действия является фазоинвертор (рис. 1, б), который представляет собой трубу определенной длины и сечения, вмонтированную в корпус. Длину и сечение фазоинвертора рассчитывают таким образом, что на определенной частоте в нем создается колебание звуковых волн, синфазные с колебаниями, вызванными фронтальной стороной диффузора.

В заключение можно сказать, какими свойствами должна обладать домашняя акустическая система, предназначенная для воспроизведения звукового сопровождения к фильмам, теле- и радиопередачам, в небольшом помещении:

- Две полосы обеспечат достаточно ровную АЧХ и ФЧХ, конструкция такой системы будет проще, а цена меньше, что очень важно, так как такой продукт рассчитан на массового потребителя.
- Частотный диапазон должен быть широким и близким к 20–20 000 Гц, поскольку репертуар, воспроизводимый на домашних АС будет очень разнообразен. Но конструктивные параметры НЧ головки, а именно ее небольшой размер, может позволить воспроизводить около 50 Гц вниз. Сверху достаточно иметь около 16 кГц.
- Значение чувствительности и мощности может быть небольшим, а именно мощность 40–60 Вт, а чувствительность 85–90 дБ. Это обусловлено тем, что данные АС будут озвучивать небольшое помещение, комнату, и именно эти два параметра в совокупности отвечают за громкость системы.
- Оптимальным выбором будут колонки среднего размера с деревянным корпусом, выполненные по закрытой схеме или с фазоинвертором. С точки зрения качества звучания нежелательны колонки с тонким корпусом или очень маленьких размеров [3].

Список литературы

1. Основные электроакустические параметры акустических систем // Install Sound. URL: <http://www.installound.ru/>
2. Вахитов Ш. Я. Электроакустика: учеб. пособие для вузов. СПб.: СПбГИКиТ, 2015.
3. Подробная расшифровка некоторых характеристик акустики // IXBT. URL: <http://www.ixbt.com/multimedia/acoustic-faq.shtml>

Научный руководитель: Ш. Я. Вахитов, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ И КРотовые НОРЫ. МИФЫ О ПУТЕШЕСТВИИ ВО ВРЕМЕНИ

Люди всегда мечтали заглянуть в прошлое и приподнять завесу будущего. Идея путешествия во времени с помощью черных дыр и кротовых нор захватила умы многих ученых и писателей-фантастов по всему миру. Было выдвинуто множество теорий и догадок, большинство из которых было опровергнуто.

Черная дыра – это, возможно, единственный способ совершить путешествие во времени. Но прежде уточним, что такое черная дыра.

Черная дыра – космический объект, который образуется при неограниченном гравитационном сжатии (гравитационном коллапсе) сверхтяжелых космических тел (звезд). Теоретическое существование таких объектов следует из некоторых решений эйнштейновских уравнений, первое из которых получил Карл Шварцшильд, немецкий физик и астроном, в 1915 г. [1]. Но сам термин «черная дыра» ввел в науку в 1968 г. Джон Арчибальд Уилер, американский физик-теоретик, для обозначения сколлапсировавшей звезды.

Черная дыра – территория в пространстве, возникшая в результате полного гравитационного коллапса вещества, в которой гравитационное притяжение так велико, что ни вещество, ни свет, ни другие носители информации не могут ее покинуть. Эту границу называют «горизонтом событий», а ее размер «гравитационным радиусом» [2]. И поскольку до сих пор имеются лишь косвенные указания на существование черных дыр, дальнейшее изложение будет основываться, главным образом, на теоретических результатах.

Профессор Калифорнийского технологического института Джон Филлип Прескилл и Кип Стивен Торн, считали, что информация, попавшая в черную дыру, утрачивается навсегда. По мнению физика-теоретика Стивена Хокинга, которое он озвучил на международной конференции по общей теории относительности и космологии в 2004 г., информация, попавшая в черную дыру, не утрачивается. Она находится на границе горизонта событий в хаотическом состоянии, так что практического применения она не имеет [3]. Идея о том, что информацию не засасывает в саму дыру, позволяет предположить, что из черной дыры можно выбраться. «Черная дыра должна быть достаточно объемной, и если она будет вращаться, то вполне вероятно, что там будет выход в другую Вселенную», – заявляет Стивен Хокинг. Плотность черных дыр стремится к бесконечности, подводя материю пространства-времени к переломной точке, создавая глубокую воронку с очень маленьким сечением в нижней части [3; 4]. А если предположить, что сечение одной черной дыры связано с сечением другой, то получим своеобразный канал между двумя черными дырами. Этой теорией можно воспользоваться для перемещений во времени и пространстве.

«Как все просто – в теории!» – утверждает специалист в области теоретической астрофизики, профессор Калифорнийского технологического института Кип Торн.

Предположим, что имеются две связанные между собой каналом черные дыры, что одну из них взяли под контроль и тянут по Вселенной со скоростью, приблизительно равной скорости света. Известно, что для быстро движущихся объектов течение времени замедляется. Следовательно, для этой черной дыры время будет двигаться медленнее, чем для той, что будет оставаться на месте на другом конце. Исследователь, который войдет в неподвижную черную дыру, попадет в черную дыру, которая движется, т. е. окажется в прошлом.

Кротовые норы. С физической точки зрения кротовая нора (кротовина, червоточина) – это гипотетическая особенность пространства-времени, представляющая собой «туннель», который связывает между собой две удаленные точки пространства-времени [4; 7]. Эти точки могут находиться как в одной и той же, так и в разных Вселенных, если рассматривать червоточины в рамках концепции Мультивселенной [4].

Червоточины подразделяются на два вида: непроходимые (мост Эйнштейна–Розена) и проходимые (червоточина Морриса–Торна). Непроходимая кротовая нора быстро схлопывается, и если объект все же успел пройти сквозь червоточину, то вернуться назад он не сможет [4; 5; 6; 7; 8].

С точки зрения математики, кротовая нора – это гипотетический объект, получаемый как конечное и имеющее физический смысл решение уравнения общей теории относительности (далее ОТО) [4; 7].

В 1916 г. австрийский физик Людвиг Фламм первым представил решение уравнений ОТО типа червоточины. Однако его работа не была удостоена внимания ученых.

В 1935 г. известные ученые Альберт Эйнштейн и Натан Розен обнаружили решение уравнений ОТО, аналогичное решению Фламма. Будучи не знакомыми с его работой, ученые предложили идею существования непроходимых червоточин, в дальнейшем названных мостами Эйнштейна–Розена [5; 6; 8].

Мост представляет собой туннель в центре черной дыры, который соединен с пространством-временем другой Вселенной или другой точкой нашей Вселенной. Предполагается, что этот туннель соединяет между собой черную и белую дыры и вещество, попавшее за горизонт событий черной дыры, выходит из горизонта событий белой дыры [4; 5; 8].

Вплоть до 1962 г. физики считали, что кротовые норы статичны по своей природе. Однако американские физики Джон Уилер и Роберт Фуллер показали, что это предположение неверно. Кротовина проходит следующие жизненные этапы: возникновение, расширение, сжатие и схлопывание [6; 7; 8]. Все эти этапы проходят настолько быстро, что ни один объект, даже если его скорость будет равна скорости света, не успеет проникнуть с одной стороны на другую. Вследствие этого, червоточина Фламма и мост Эйнштейна–Розена являются непроходимыми.

В 1986 г. американский физик Кип Торн предложил первое в своем роде решение уравнений ОТО, где кротовая нора является проходимой. Его кротовина заполнена материей с отрицательной энергией (так называемой экзотической материей), которая не позволяет червоточине схлопнуться [7]. В настоящее время ведутся исследования в области обнаружения и исследования экзотической материи.

Существует предположение, что червоточину можно удерживать и без применения экзотической материи. Американский ученый Мэтт Виссер в рам-

ках концепции теории струн предположил, что кротовину можно удерживать в открытом положении за счет отрицательной массы космических струн [7].

Подводя итог, хотелось бы подчеркнуть, что ученые не отвергают возможность путешествия сквозь пространство-время посредством черных дыр и кротовых нор. Однако все рассмотренные знания – это пока лишь теории и предположения, ожидающие проверки на практике.

Список литературы

1. Сурдин В. Черная дыра // Энциклопедия «Кругосвет».
2. Дымникова И. Г. Черные дыры // Физическая энциклопедия. Т. 5. Стробоскопические приборы – Яркость / гл. ред. А. М. Прохоров, ред. кол.: Д. М. Алексеев, А. М. Балдин, А. М. Бонч-Бруевнч и др. М.: Большая российская энциклопедия, 1998.
3. Хокинг С., Пенроуз Р. Природа пространства и времени / пер. с англ. А. Беркова, В. Лебедева. СПб.: Амфора, 2007.
4. Червотчины, Что такое Мультивселенная, 5 книг о черных дырах, Черные дыры и кротовые норы // ПостНаука. URL: <http://www.postnauka.ru> (дата обращения: 20.03.2016).
5. Путешествие во времени // LENTA.RU. URL: <https://www.lenta.ru> (дата обращения: 17.03.2016).
6. Мост Эйнштейна-Розена // E-reading / URL: <http://www.e-reading.by> (дата обращения: 02.04.2016).
7. Общая теория относительности, Червотчина Морриса–Торна, Кротовая нора // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 12.03.2016).
8. Мост между мирами // Вокруг света. URL: <http://www.vokrugsveta.ru> (дата обращения: 03.04.2016).

Научный руководитель: Т. В. Алексеева, доцент кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 621.391

К. В. Волкова, О. К. Исиченко

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

ОКОННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ

Главной математической основой спектрального анализа является преобразование Фурье, которое связывает пространственный или временной сигнал (либо некоторую модель этого сигнала) с его представлением в частотной области.

Преобразование Фурье функции f является интегральным представлением и задается следующей формулой [1]:

$$F(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ixw} dx. \quad (1)$$

Но преобразование Фурье дает информацию только о частоте, которая присутствует в сигнале, и не дает никакой информации о том, в какой промежуток времени эта частота присутствует в сигнале.

Таким образом, для следующего стационарного сигнала (рис. 1)

$$x(t) = \cos(2\pi 10t) + \cos(2\pi 25t) + \cos(2\pi 50t) + \cos(2\pi 100t)$$

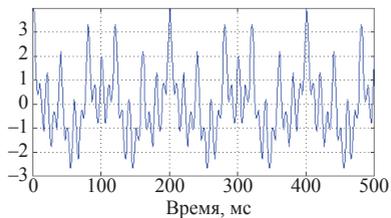


Рис. 1

преобразование Фурье будет иметь вид, показанный на рис. 2.

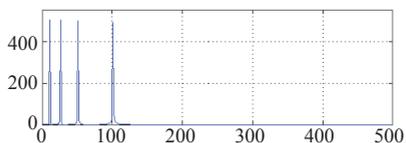


Рис. 2

А для нестационарного сигнала (рис. 3)

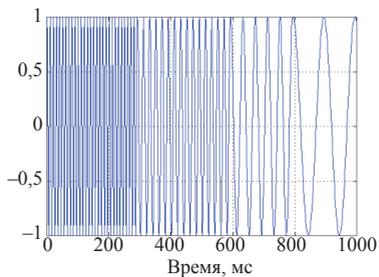


Рис. 3

преобразование Фурье будет иметь вид, показанный на рис. 4.

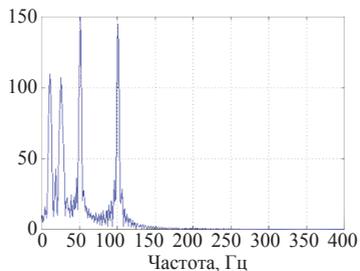


Рис. 4

Таким образом, для двух абсолютно разных сигналов мы получаем почти одинаковые преобразования Фурье (не плавность графика преобразования Фурье для второго сигнала объясняется внезапной сменой частоты в этом сигнале, а разница в амплитуде разных частот объясняется тем, что эти частоты действовали на протяжении разного времени на рассматриваемом отрезке сигнала). Поэтому преобразование Фурье по своей сути не может отличить стационарный сигнал от нестационарного, что является большой проблемой для его применения [2].

Для того чтобы произвести локализацию сигнала по времени не только по частоте, но и по времени, было придумано оконное преобразование Фурье. Оно определяется для сигнала $x(t)$ по формуле

$$F(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) W(\tau - t) e^{-i\omega\tau} d\tau, \quad (2)$$

где $w(t)$ называется окном функции.

Что же такое оконная функция?

Пусть имеется сигнал $S_0(t)$, который бесконечен во времени. В простейшем случае мы можем задать этот сигнал как гармоническое колебание с частотой ω_0 . Преобразование Фурье этого сигнала будет представлять собой дельта-импульс на частоте сигнала, т. е. $S_0(\omega) = \delta(\omega - \omega_0)$. Исходный сигнал и его спектр показаны на рис. 5. На практике мы не можем произвести расчет спектра путем численного интегрирования по всей оси времени (разумеется, за исключением случая, когда мы можем получить аналитическое выражение для спектра сигнала, как в приведенном примере), поэтому мы зафиксируем интервал времени T , на котором будем рассчитывать спектр сигнала. Таким образом мы получим сигнал $S(t)$, который совпадает с исходным на интервале времени T , но вне интервала наблюдения считаем $S(t) = 0$. Математически $S(t)$ можно представить как произведение исходного бесконечного сигнала $S_0(t)$ и прямоугольного импульса $w(t)$ длительностью T , $S(t) = S_0(t)w(t)$. Спектр же сигнала $S(t)$ согласно свойствам преобразования Фурье будет равен свертке спектров исходного сигнала и спектра $W(\omega)$ прямоугольного импульса $w(t)$:

$$S(\omega) = S_0(\omega) W(\omega) = \delta(\omega - \omega_0) W(\omega) = W(\omega - \omega_0). \quad (3)$$

В выражении (3) было использовано фильтрующее свойство дельта-функции. Сигнал и его спектр $S(\omega)$ также показаны на рис. 5.

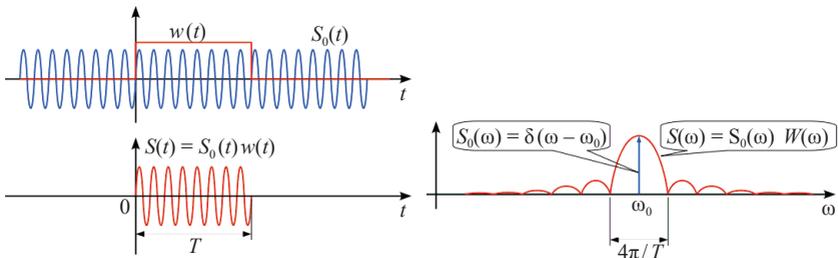


Рис. 5. Спектр ограниченного во времени сигнала

Таким образом, вместо дельта-импульса спектр превратился в функцию (спектр прямоугольного импульса функции), причем ширина лепестка зависит от длительности интервала анализа, как это наглядно показано на рис. 6.

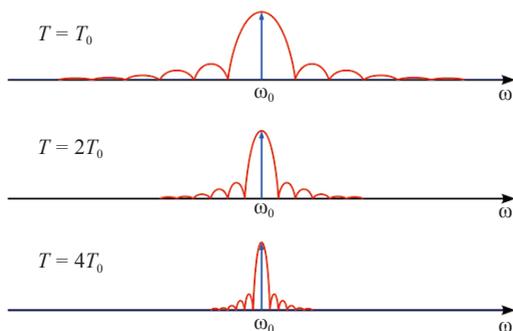


Рис. 6. Изменение спектра с увеличением интервала анализа

Если увеличивать интервал анализа до бесконечности, то спектр будет сужаться и стремиться к дельта-импульсу. Прямоугольный импульс назовем оконной функцией [4].

Оконное преобразование Фурье, в отличие от обычного преобразования Фурье, уже является функцией от времени, частоты и амплитуды, т. е. она позволяет получать характеристику распределения частоты сигнала (с амплитудой) во времени.

Рассмотрим нестационарный сигнал (рис. 7).

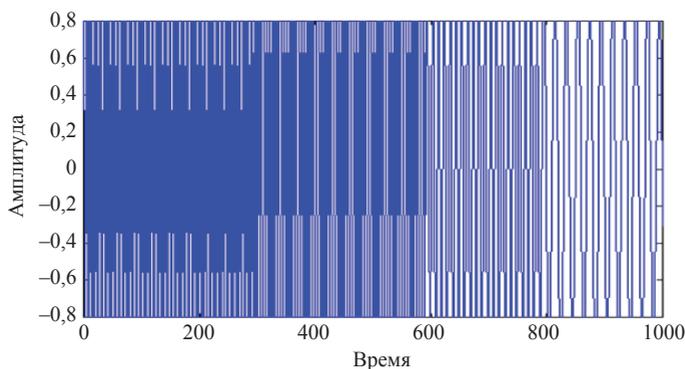


Рис. 7

Этот сигнал является стационарный каждые 250 мс (на первом отрезке длиной 250 мс он имеет частоту 300 Гц, на втором – 200 Гц, на третьем – 100 Гц и на четвертом – 50 Гц). Трехмерный (время, частота и амплитуда) график оконного преобразования Фурье будет иметь следующий вид (рис. 8).

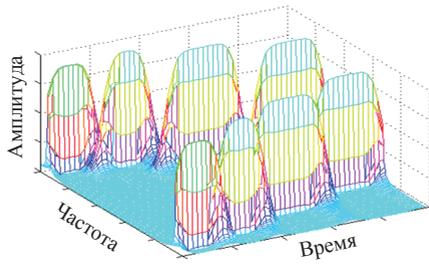


Рис. 8

(симметричность графика объясняется тем, что преобразования Фурье, в том числе и оконное преобразование Фурье, являются симметричными для любого сигнала)

На этом графике мы можем увидеть четыре ярко выраженных максимума, которые соответствуют частотам, присутствующим в сигнале. Самым важным является то, что в отличие от обычного преобразования Фурье мы получаем значения частот относительно оси времени, т. е. *частотно-временную характеристику сигнала*.

Но главной проблемой в использовании оконного преобразования Фурье для получения частотно-временной характеристики сигнала является так называемый принцип неопределенности Гейзенберга, который возникает для параметров времени и частоты сигнала.

В основе принципа неопределенности лежит тот факт, что невозможно сказать точно, какая частота присутствует в сигнале в данный момент времени (можно говорить только о диапазоне частот) и невозможно сказать, в какой точно момент времени частота присутствует в сигнале (можно говорить лишь о периоде времени).

В связи с этим возникает проблема разрешающей способности. Разрешающую способность оконного преобразования Фурье можно регулировать с помощью ширины окна.

Оконное преобразование Фурье с узким окном в форме гауссиана с масштабом (обратная величина к ширине окна) 0,01 будет иметь вид, показанный на рис. 9.

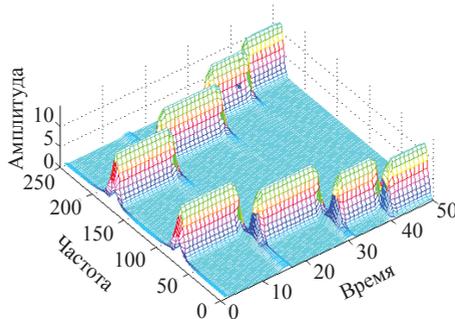


Рис. 9

Как видно, полученное преобразование Фурье имеет хорошую точность относительно времени и плохую точностью относительно частоты (каждый максимум занимает некоторый диапазон частот).

При использовании более широкого окна в форме гаусианна с масштабом 0.00001 оконное преобразование будет иметь вид, показанный на рис. 10.

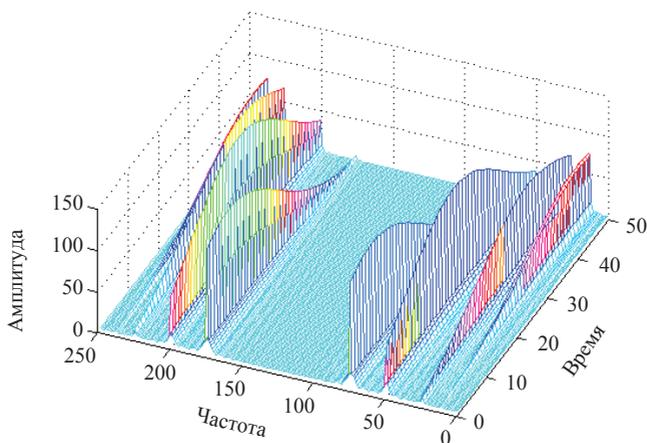


Рис. 10

Видно, что в данном случае мы получаем высокую точность относительно частоты, но при этом очень низкую точность относительно времени [2].

Можно считать, что обычное преобразование Фурье является оконным преобразованием Фурье с окном шириной в бесконечность.

Таким образом, при увеличении ширины окна (уменьшении его разрешающей способности) мы увеличиваем точность относительно частоты и уменьшаем точность относительно времени.

Список литературы

1. Щитов И. Н., Галкина В. Г. Введение в теорию сигналов. Ч. 3. Вейвлетные преобразования: учеб. пособие. СПб.: СПбГУКиТ, 2013.
2. Непрерывное wavelet-преобразование // Habrahabr.ru. URL: <https://www.habrahabr.ru/post/103899/>
3. Быстрое преобразование Фурье// Контрольно-измерительные приборы и системы. URL: http://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=40417
4. Спектральный анализ на ограниченном интервале времени. Оконные функции// Теория и практика цифровой обработки сигналов. URL: <http://www.dsplib.ru/content/win/win.html>

Научный руководитель: *И. Н. Щитов*, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

ЭЛЕКТРОННЫЙ КАТАЛОГ ПРИБОРОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА, СОСТАВА И КАЧЕСТВА

Средствами MS Word, MS Excel, и Internet Explorer создан простой и удобный в использовании электронный каталог приборов измерения расхода, состава и качества. Каталог позволяет систематизировать информацию по видам измеряемых параметров и хранить данные в табличной форме.

Одной из важных задач при проектировании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) является задача выбора комплекса технических средств (КТС) [1]. Для упрощения процесса подбора датчиков для измерения расхода, состава и качества была разработана база данных. В качестве инструментария было выбрано программное обеспечение Microsoft Office. Это дает возможность свободно пользоваться и при желании дополнять базу данных, а также изменять ее по своему усмотрению и не требует дополнительного обучения (необходимо знание только Microsoft Word & Excel).

База содержит как теоретические сведения о методах и средствах измерения, так и саму номенклатуру приборов.

Данные по маркам приборов заносились в табличной форме MS Excel.

Теоретическая и пояснительная части оформлялись в MS Word с последующим преобразованием в формат HTML.

База данных находится в папке «Каталог». Запускается файлом Каталог.htm. На открывшейся странице находится главное меню (рис. 1).

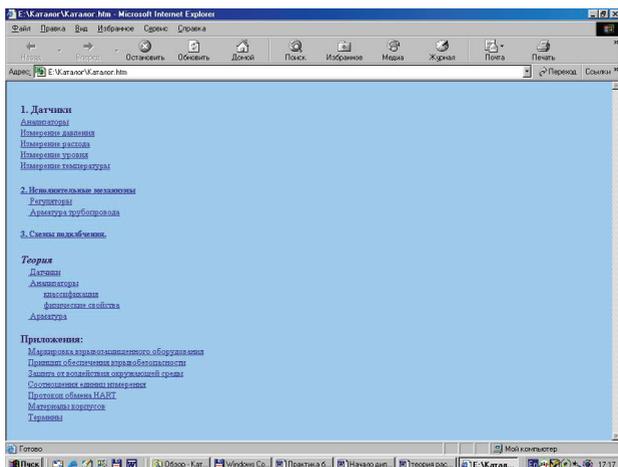


Рис. 1. Главное меню электронного каталога

Из этого меню посредством гиперссылок пользователь может перейти непосредственно в интересующий его раздел комплекса технических средств или просмотреть теоретическую часть по методам измерения и монтажной арматуре. В приложении имеется дополнительная информация по комплексу технических средств.

В выбранном разделе представлена таблица со списком датчиков, их моделей, фирм производителей и техническими характеристиками. В технические характеристики входят диапазоны измерения, погрешность, параметры среды, способы подключения к процессу и передачи информации, наличие искро-, пыле-, влаго- и взрывозащищенного исполнения, напряжение питания (рис. 2).

С помощью фильтра путем ввода условия можно ограничить количество приборов (рис. 3). Оставшиеся приборы будут отвечать запрашиваемым требованиям.

В базе данных приняты следующие обозначения:

+ ДА;

- НЕТ;

* ВОЗМОЖНО.

Таким образом, можно произвести подбор необходимых приборов.

Для сохранения актуальности базы данных необходимо иметь возможность пополнять ее, а также вносить соответствующие изменения. Это не просто сделать, так как база выполнена в Microsoft Excel.

Для пополнения базы данных нужно открыть файл с базой в Microsoft Excel (рис. 4) (этот файл находится в соответствующей папке), так как во из-

Прибор	измеряемый параметр	жидкость		
		раз	пар	пар
Cerabar S серия	ДИ, ДА	(Все) (Первые 10... (Ключевые...))	+	+
Cerabar S PMC731	ДИ, ДА	+ (Пустые) (Непустые)	+	+
Cerabar S PMP731	ДИ, ДА	+	+	+
Cerabar S PMC631	ДИ, ДА	+	+	+
Cerabar S PMP635	ДИ, ДА	+	+	+

Рис. 2. Окно базы данных приборов

Пользовательский автофильтр

Показать только те строки, значения которых:

Фирма

равно

И ИЛИ

равно

Символ "?" обозначает любой единственный
Знак "*" обозначает последовательность

ABB
Endress+Hauser
Fisher-Roemound
WIK A
Yokogava

ОК Отмена

Рис. 3. Окно пользовательского фильтра

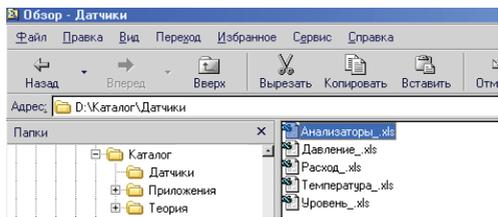


Рис. 4. Окно выбора измеряемого параметра

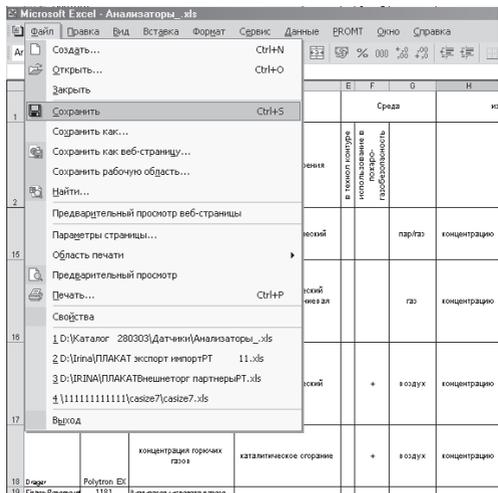


Рис. 5. Меню сохранения внесенных изменений

бежание повреждений во время просмотра база в обычном режиме работает только для чтения.

После внесения необходимых изменений необходимо их сохранить, воспользовавшись функцией сохранения (рис. 5).

Таким образом, любой пользователь без труда может изменить базу по своему усмотрению.

Созданная база данных дает возможность проводить подбор измерительных приборов с необходимыми техническими характеристиками. База данных представлена в виде таблиц, что удобно для наглядного сравнения индивидуальных характеристик приборов автоматизации.

Список литературы

1. Герасимов А. В. Принципы выбора технических средств среднего уровня распределенных систем управления // Вестник КНИТУ. 2014. № 10.

Научный руководитель: А. В. Герасимов, д-р техн. наук, профессор кафедры интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами КНИТУ.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОЙ ФАЗЫ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РЕАКТОРЕ ДВОЙНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СЛОЯ

При эксплуатации атомных электростанций и других объектов ядерного цикла образуется значительное количество жидких радиоактивных отходов и других радиоактивно-загрязненных водных сред. Главная опасность радиоактивных отходов заключается не во внешнем воздействии на человека, а в проникновении радиоактивных веществ в организм. Отсюда очевидна необходимость локализации данных отходов на месте их образования и предотвращения возможности их миграции по пищевым цепям питания человека и животных.

Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) образуются преимущественно из-за того, что для разрушения связи радиоактивных загрязнений с поверхностью крыш и стен зданий, вентиляционного оборудования, транспорта, дорог с твердым покрытием и для растворения этих загрязнений, в дезактивирующие растворы необходимо добавлять комплексообразователи. Комплексообразователи связывают ионы металлов в комплексные соединения и таким образом переводят их в растворимое состояние. При этом образуются радиоактивные отработанные дезактивирующие растворы. Жидкие радиоактивные отходы представляют собой сложную систему разнообразного химического состава, например отходы среднего и низкого уровня активности имеют концентрацию реагентов до 10 г/л. Утилизация, обезвреживание, захоронение ЖРО является очень сложной задачей, решением которой занимаются ученые разных стран.

Для разрушения оксалатных комплексов радиоактивных металлов и понижения уровня радиоактивности мочных вод, на кафедре ОХТ и катализа СПбГТИ(ТУ) был создан реактор двойного электрического слоя, который разрушает комплексные соединения с помощью переменного электрического тока.

Реакции в реакторе двойного электрического слоя протекают в пределах действия ДЭС, где происходит процесс электроактивации химических процессов посредством поляризации молекул и ионов. Одним из основных параметров, влияющих на работу ДЭС-реактора является удельная проводимость жидкой фазы. Удельную проводимость жидкой фазы можно увеличить за счет введения подвижных ионов. В данной работе рассматривается влияние введения хлорида натрия в жидкую фазу.

При введении хлорида натрия проводимость раствора возрастает.

Поскольку в эксперименте используется переменный ток, на общее сопротивление системы влияет величина электрической емкости в двойном электрическом слое (ДЭС), образующемся на поверхности частиц твердой фазы (рис. 1).

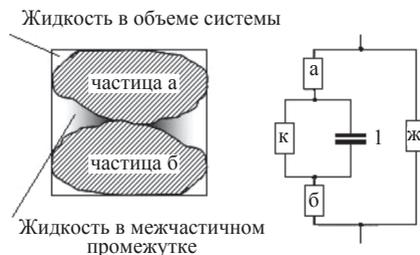


Рис. 1. Контакт между твердыми частицами и его схема

При этом увеличение емкости приводит к увеличению проводимости. Величину емкости оценивали по известным формулам (табл. 1):

$$Z = \frac{R R_C}{R + R_C}, \quad (1)$$

где Z – полное сопротивление;
 R_C – емкостное сопротивление;
 R – активное сопротивление;

$$R_C = \frac{1}{2\pi f C}, \quad (2)$$

где R_C – емкостное сопротивление;
 f – частота переменного тока;
 C – емкость.

Таблица 1

Связь электрических и химических параметров реактора ДЭС

Раствор	R , Ом	Z , Ом	C , мФд
Вода дистил.	26	20	75
NaCl 1 %-й	23	11,6	150
NaCl 2 %-й	18	10	170
NaCl 5 %-й	10	6,2	220

Дополнительное введение хлорида натрия увеличивает проводимость раствора и емкость, так как усиливается двойной электрический слой.

На рис. 2 приведены данные по изменению степени разложения при введении определенных количеств хлорида натрия в раствор.

Увеличение степени разложения можно объяснить тем, что увеличение концентрации хлорида натрия приводит к росту электрической емкости и увеличению двойного электрического слоя, который сильно влияет на кинетику разложения щавелевой кислоты, так как происходит активация химической реакции разрушения молекул $C_2H_2O_4$ в сильном переменном электрическом поле ДЭС, возникающем на границе раздела фаз «углеродистый материал – раствор электролита».

В ходе экспериментов было обнаружено, что применение растворов с большей концентрацией, чем 2 г/л хлорида натрия, не оправданно, так как

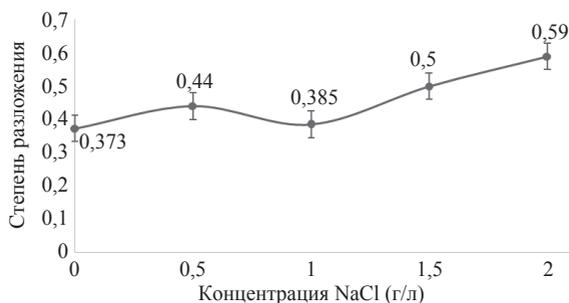


Рис. 2. Зависимость степени разложения щавелевой кислоты от массовой концентрации хлорида натрия в растворе

при более высоких концентрациях хлорида начинает увеличиваться мощность, потребляемая реактором, за счет прямого омического нагрева электролита. Увеличения степени разложения при этом не происходит, кроме того, отмечается появление хлора в отходящем газе. При концентрации в 5 г/л сила тока увеличивается до 10 А и раствор начинает кипеть, а степень разложения остается на уровне 0,59. Интересно, что до концентрации соли 2 г/л хроматографический анализ не показывает даже следов хлора в отходящем газе, электролиз хлора начинается только при повышенных концентрациях.

В результате проведенного исследования установлено, что введение в жидкую фазу небольших, до 2 г/л, концентраций хлорида натрия увеличивает электрическую проводимость раствора щавелевой кислоты и электрическую емкость системы, что приводит к увеличению степени разложения щавелевой кислоты при прочих равных условиях. Дальнейшее увеличение концентрации соли не приводит к положительным результатам и поэтому нецелесообразно.

Научный руководитель: *Б. А. Лавров*, д-р техн. наук., профессор кафедры общей химической технологии и катализа СПбГИ (ТУ).

УДК [004.9+79.01/.09]:791.43

Н. Дерябина, А. Нейленко
Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИГРЫ В ПРОДВИЖЕНИИ КИНОФИЛЬМОВ

Проанализируем возможности использования компьютерных игр для продвижения кинофильмов на рынок.

Огромное количество информации во всех сферах деятельности влияет и на кинематограф. Чтобы кинофильм посмотрели, нужно не только привлечь зрителя известными именами актеров и режиссеров, интересным сюжетом и красивыми съемками, необходима также грамотно проведенная ре-

кламная кампания. Согласно [1] сегодня статистика показывает, что кино без продвижения как массовый продукт существовать не может.

В наше время для рекламы кинофильмов применяется очень большое количество инструментов и каналов. Во время рекламной кампании нужно охватить всю целевую аудиторию, а лучше всего информировать о кинофильме как можно больше потенциальных зрителей. Следовательно, реклама в Интернете будет самой эффективной.

В статье [2] в перечень инструментов продвижения кинофильмов входит сайт кинофильма и реклама в социальных сетях или на специализированных киносайтах.

В каждый из перечисленных инструментов можно вводить элементы компьютерной игры. Удобнее всего поместить компьютерную игру на сайте кинофильма. Например, можно разработать мини-игру с предысторией сюжета кинофильма. В такой игре посетитель сайта может увидеть персонажей будущего фильма, понять их характер, среду, где они существуют и заинтересоваться развитием сюжета и взаимоотношением героев. Компьютерная игра – это своеобразный анонс кинофильма в процессе его кино съемок. Такую игру можно использовать в качестве пилотного выпуска для телесериала или кинофильма с продолжением.

Компьютерная игра также будет полезна и после выхода фильма на большой экран. В игре может быть другой, отличный от фильма сюжет и другое развитие событий. Можно предложить посетителям сайта самим придумать идею для компьютерной игры, просматривая материалы сайта о сюжете и съемках кинофильма еще до того как съемки были закончены. Можно провести конкурс для посетителей сайта с предложением подумать, каких персонажей из кинофильма включить в игру, какую виртуальную среду хотелось бы видеть в игре, может выбрать костюмы, грим и прически для главных персонажей. Призы в таком конкурсе могут быть как виртуальные, так и реальные, например приглашение приехать на кино съемку в один из съемочных дней.

Сайт для будущего кинофильма лучше разместить в сети еще до начала съемок. Тогда посетителям можно предложить компьютерную игру по выбору актеров на роли главных героев фильма. Конечно, окончательный выбор будет за продюсерами и режиссерами, но будущий зритель уже будет вовлечен в процесс создания фильма и заинтересован в том, чтобы увидеть конечный результат. Все разработанные компьютерные игры дополнительно размещаются и на специализированных сайтах, например «Кинопоиск.ru», и во всевозможных социальных сетях, в том числе специально созданных сообществах для фильма.

Также можно разработать приложения для мобильных устройств, в которые включить и игры по мотивам кинофильма.

Как пример использования компьютерных игр для рекламы фильма авторы [3] рассматривают мультфильм киностудии DreamWorks «Кот в сапогах» (2011). В статье [3] описаны видео-игра, онлайн-игра, сторибук для iPad, фото приложения для Ios и Android и игра для iPhone «Fruit Ninja». В итоге после затрат в 130 млн долл., прибыль составила свыше 550 млн долл.

Игровые моменты, согласно [3], удачно использованы в рекламе фильма ужасов «Женщина в черном» производство кинокомпаний «Alliance Atlantis Communications», «Alliance Films» и «Hammer Film Productions» (2012). Кроме шуток в стиле неожиданного испуга и фотографии пользователя в этот момент, которой можно было поделиться с друзьями, на сайте были пред-

ставлены три мини-игры. Эффективность такой рекламы очевидна [4]: при бюджете 15 млн долл. сборы в прокате составили более 127 млн долл.

Приведем несколько примеров кинофильмов, снятых по мотивам компьютерных игр.

«Супер-братья Марио» (англ. «Super Mario Bros.») – кинофильм, снятый по мотивам компьютерных игр с участием персонажей Марио и Луиджи [5]. Название фильма заимствовано из видеоигры 1985 г. «Super Mario Bros». Сюжет фильма, за исключением ключевых персонажей, имен персонажей и событий, не совпадает с сюжетом игры. Внесен в Книгу рекордов Гиннеса как первый художественный фильм, основанный на видеоигре. Фильм был снят в 1993 г. кинокомпаниями «Hollywood Pictures», «Lightmotive/Allied Filmmakers», «Cinergi Productions» и «Nintendo». Достаточно эффективная реклама, так как все любители видеоигры захотели посмотреть фильм, тем более с новым развитием сюжета. И при бюджете в 48 млн долл. сборы составили более 200 млн долл.

Еще один пример кинофильма, снятого по мотивам компьютерной игры [6] – «Смертельная битва» (англ. «Mortal Kombat») – американский художественный фильм 1995 г. кинокомпаний «New Line Cinema» и «Alliance Communications». Фильм снят в жанре боевика режиссером П. У. С. Андерсон. Основан на серии файтингов Mortal Kombat по мотивам первой игры «Mortal Kombat», но содержит определенные детали с персонажами из «Mortal Kombat II». Картина получила неоднозначные, но преимущественно негативные отзывы критиков. Известный российский кинокритик Сергей Кудрявцев [6] в своей книге 3500 кинорецензий также негативно оценил ленту, назвав ее «довольно бесполовым зрелищем». Итоговая оценка составила 2 балла из 10. Однако фанаты игры готовы пересматривать этот фильм не один раз. Персонажи игры и фильма: Рейден, Джонни Кейдж, Китана, «братья» Саб-Зиро и Скорпион были очень популярны среди миллионов подростков.

Еще один кинофильм «Сайлент Хилл» (англ. Silent Hill – дословно «Тихий холм») [7] – канадский фильм ужасов, созданный на основе одноименной японской компьютерной игры. Фильм вышел в прокат в 2006 г., был снят кинокомпаниями «Focus Features», «Davis-Films», «Konami Corporation» и «Silent Hill DCP». Несмотря на критику, фанаты этой игры экранизацию оценили. При бюджете в 50 млн долл. и 25 млн долл., затраченных на рекламу, общая сумма сборов превысила 97 млн долл., из которых на США приходится больше 46 млн (48,1%), а на зарубежные страны 50 млн (51,9%). За первую неделю «Сайлент Хилл» собрал в прокате 20 152 598 долл. США.

Последний пример кинофильм «Принц Персии: Пески времени» (англ. «Prince of Persia: The Sands of Time») – кинофильм 2010 г. [8], по жанру – приключенческий боевик режиссера Майка Ньюэлла, основанный на одноименной компьютерной игре компании «Ubisoft». Фильм снят кинокомпанией «Walt Disney Pictures». Джейк Джилленхол в роли принца Персии привел в кинотеатры миллионы фанатов, которые принесли создателям фильма 335 млн долл., при бюджете фильма 200 млн долл.

Как считают авторы [9], современные компьютерные игры – яркий пример бурного развития информационных технологий XXI в. Они врываются в определенные общественные и культурные сферы – искусство, образование, социальные коммуникации. Все эти слова, конечно, можно отнести и к кинематографу.

В заключение перечислим возможности компьютерных игр для продвижения кинофильмов.

1. Кинофильм может быть снят по мотивам популярной компьютерной игры, т. е. игра будет являться идеей для сюжета кинофильма.
2. Во время работы над кинофильмом в Интернете можно разместить различные мини-игры и конкурсы в формате компьютерных игр с предысторией сюжета и главными персонажами. Это позволит заинтересовать будущего кинозрителя и вовлечь его в процесс киносъемки.
3. После выхода кинофильма на экран можно выпустить игру и различные приложения для гаджетов, что обеспечит дополнительную прибыль создателям кинофильма.

Список литературы

1. Продвижение кино. Как грамотно построить рекламную кампанию фильма и какие инструменты продвижения можно при этом использовать. URL: <https://www.simplebrainy.wordpress.com> (дата обращения: 04.04.2016).
2. *Майорова А.* Особенности продвижения кинопремьер при помощи социальных медиа. URL: <http://www.blog.greensmm.ru/?p=175> (дата обращения: 04.04.2016).
3. *Расцветаева М.* Продвижение кино и 7 удачных примеров. URL: <http://www.lookatme.ru/flow/posts/film-radar/169071-prodvizhenie-kino-7-udachnyh-primerov> (дата обращения: 04.04.2016).
4. Кинофильм «Женщина в черном» 2012 г. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Женщина_в_чёрном_\(фильм,_2012\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Женщина_в_чёрном_(фильм,_2012)) (дата обращения: 11.04.2016).
5. Кинофильм «Супербрatья Марио» 1993 г. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Супербрatья_Марио (дата обращения: 11.04.2016).
6. Кинофильм «Смертельная битва» 1995 г. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Смертельная_битва_\(фильм\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Смертельная_битва_(фильм)) (дата обращения: 11.04.2016).
7. Кинофильм «Сайлент Хилл» 2006 г. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сайлент_Хилл_\(фильм\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сайлент_Хилл_(фильм)) (дата обращения: 11.04.2016).
8. Кинофильм «Принц Персии» 2010 г. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Принц_Персии:_Пески_времени_\(фильм\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Принц_Персии:_Пески_времени_(фильм)) (дата обращения: 11.04.2016).
9. Компьютерные игры как феномен современной культуры. URL: <http://media.ls.urfu.ru/219/643/1374> (дата обращения: 04.04.2016).

Научный руководитель: *С. В. Веселова*, канд. техн. наук, доцент кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 534.2

Ю. А. Елисеева

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЗРИТЕЛЬНОГО ЗАЛА ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СИМФОНИЧЕСКОЙ МУЗЫКИ

В данном исследовании приводятся акустические характеристики зрительного зала на 750 мест для воспроизведения симфонической музыки. Форма зала в первом приближении выбирается прямоугольной.

Для неискаженного воспроизведения характеристик звука соотношение размеров помещения выбирается по «золотому сечению»:

$$L: B: H = 2,61:1,62:1$$

Для вместимости 750 человек размеры зрительного зала примем равными: длина зала от передней до задней стены равна 31 м, высота – 10 м, ширина – 19 м. Воздушный объем на одного зрителя составляет $7,85 \text{ м}^3$, что соответствует существующим рекомендациям. Следовательно, объем зала составляет 5890 м^3 .

Далее необходимо построить профиль подъема пола для того, чтобы зритель мог свободно видеть музыкантов на сцене. С этой целью каждый последующий ряд поднимаем на 15 см выше предыдущего [1]. Затем рассчитываем профиль потолка, строим козырек. Построение профиля пола и потолка показаны на рис. 1.

Ширину проходов между рядами, количество и ширину дверей в зале выбираем с учетом санитарных норм и норм противопожарной безопасности.

Проектируемый зал имеет в плане прямоугольную форму. Определяем размер сцены. Для выступления симфонического оркестра будет достаточно игровой площадки 19 м в ширину и 7 м в длину. На остальном пространстве располагаем зрительские места (750 мест). План зала приведен на рис. 2.

Кроме выбора размера и формы зала нужно правильно выбрать характер отделки интерьера для обеспечения всех зрителей достаточной звуковой энергией, создания диффузного звукового поля и исключения эха [3].

Необходимо подобрать звукопоглощающие материалы с такими соотношениями площадей и коэффициентами звукопоглощения, чтобы получить оптимальное время реверберации, равное примерно 1,4 с, которое выбрано

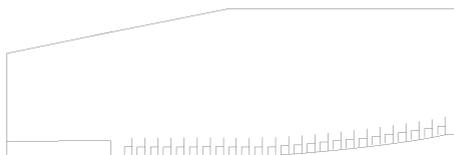


Рис. 1. Разрез зрительного зала

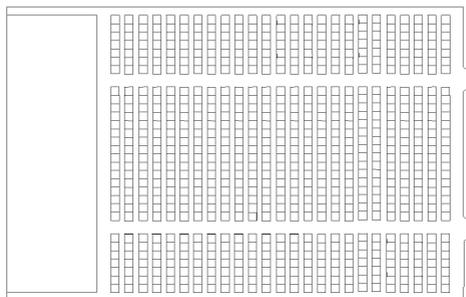


Рис. 2. План зрительного зала

на основании рекомендаций для концертных залов объемом около 6000 м³ на частоте 500 Гц.

Основная часть потолка покрыта масляной краской. Козырек выполнен из сосны. На небольшом участке около задней стены выбран специальный материал, хорошо поглощающий на низких частотах – ППГЗ КНАУФ – акустика, тип D (относ 400 мм, без минеральной ваты).

Нижняя часть боковых стен до 2,5 м выполнена из мрамора. Верхняя часть – из гипсокартона и специальных материалов ППГЗ КНАУФ – акустика, тип E и тип D.

Задняя стена покрыта материалом, сильно поглощающим средние частоты – ППГЗ КНАУФ – Акустика, тип B (относ 50 мм, с минеральной ватой). Кроме того, на задней стене есть бархатные занавески, за которыми располагаются двери.

Для размещения зрителей используются бархатные кресла. В проходах лежат безворсовые ковровые дорожки. На полу на небольшом расстоянии от сценического проема до ряда первых кресел – паркет по асфальту.

Развертка помещения приведена на рис. 3.

Расчет проводится для пустого зала, так как нельзя заранее определить его заполняемость. Далее определяется расчетное время реверберации после акустической обработки (рис. 4).

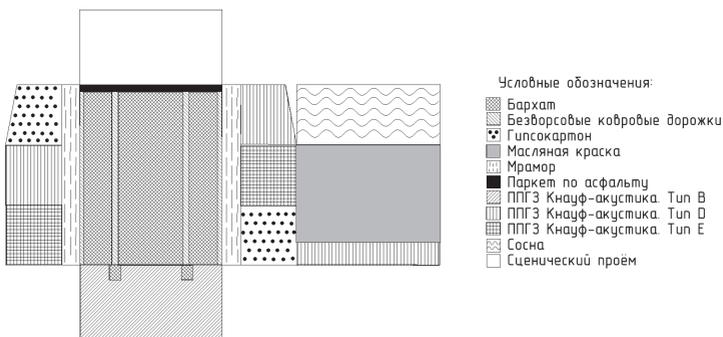


Рис. 3. Развертка помещения

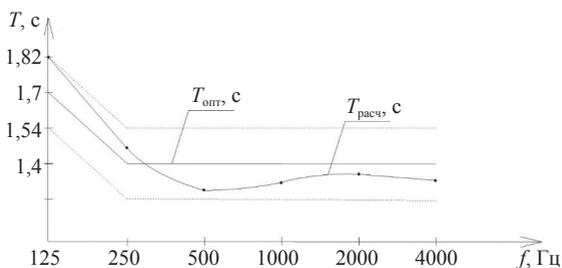


Рис. 4. Частотная характеристика времени реверберации после акустической обработки

Как видно из рис. 4, после акустической обработки частотная характеристика времени реверберации укладывается в трубку допусков, т. е. отличается от оптимального значения (времени реверберации) не более чем на $\pm 10\%$.

Время стандартной реверберации – не единственный критерий акустического качества помещения. Оно характеризует акустические свойства помещения в целом, однако человек на разных зрительских местах может воспринимать звук по-разному. Это объясняется изменением отношений плоскостей прямого и отраженного звуков. Поэтому необходимо рассчитать энергетические параметры качества, значения которых определяется соотношением энергий начального и завершающего участков реверберационного процесса помещения [2].

Энергетические параметры качества

1. Индекс четкости

$$C_{50} = 10 \lg \left(\frac{r_0^2 + 1 - \exp^{-0,7/T}}{\exp^{-0,7/T}} \right). \quad (1)$$

Индекс четкости должен находиться в пределах $-3 \leq C_{50} \leq 3$.

2. Индекс прозрачности

$$C_{80} = 10 \lg \left(\frac{r_0^2 + 1 - \exp^{-1,1/T}}{\exp^{-1,1/T}} \right). \quad (2)$$

Пределы допусков для индекса прозрачности: $0 \leq C_{80} \leq 6$.

3. Индекс пространственного впечатления

$$P = 10 \lg \left(\frac{0,9 \exp(-0,35/T) + \exp(-1,1/T)}{r_0^2 + 1 - 0,9 \exp(-0,35/T) - 0,1 \exp(-1,1/T)} \right). \quad (3)$$

Индекс пространственного впечатления должен вписываться в пределы: $2 \leq P \leq 6$.

В этих формулах r_0 – это отношение радиуса гулкости к расстоянию от излучателя до приемника звука; T – время реверберации.

Расчет всех параметров проводится для нескольких точек помещения, охватывающих все зрительские места. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Расчет параметров акустического качества

Ряд	γ , м	r_0 , м	C_{50}	C_{80}	P
1	3,5	1,2	4,95	6,61	-3,6
5	6,87	0,61	1,21	3,302	-0,625
10	11,24	0,37	-0,34	2,043	2,63
15	15,68	0,27	-0,88	1,63	3,38
20	20,14	0,21	-1,15	1,43	3,769
25	24,62	0,17	-1,3	1,32	3,98

Индексы четкости и прозрачности вписываются в пределы допусков, а индекс пространственного впечатления не удовлетворяет заданным пределам с первого по пятый ряд.

Как правило, при акустическом проектировании удается удовлетворить только один из критериев – индекс прозрачности либо индекс пространственного впечатления. В зале для воспроизведения музыки главным критерием является индекс прозрачности, а он вписывается в заданные пределы.

Для тех же точек зрительских мест строятся картины первых отражений (рис. 5). Для этого нужно определить ΔL , дБ – соотношение уровней прямого и отраженного сигналов в точке приема по формуле

$$\Delta L = 20 \lg\left(\frac{l_{пр}}{l_{отр}}\right) + 10 \lg(1 - \alpha), \quad (4)$$

где $l_{пр}$ – длина прямого луча; $l_{отр}$ – длина отраженного луча; α – коэффициент звукопоглощения.

Эту величину откладывают для каждого отражения, приходящего от разных поверхностей (потолок, боковые стены и задняя стена) в данную точку (П1–П6), относительно нулевого уровня.

Следовательно, из расчета структуры начальных отражений и времени запаздывания отраженного звука можно сделать вывод, что структура начальных отражений оптимальна, и что оба звука (прямой и отраженный) воспринимаются слитно и эхо не возникает.

В последнюю очередь определяется уровень проникающих шумов, для этого необходимо знать вид и характер источников шума в смежных помещениях или окружающей застройке (рис. 6). Будем считать, что проектируемый зал располагается на втором этаже. Под полом и потолком – вентиляция. За задней и боковыми стенами находится фойе, за сценой и ее боковыми стенами – служебное помещение. Толщины стен составляют 0,250 м (толщина одного кирпича), толщина каждой двери 0,100 м.

После этого рассчитывается уровень шума для данного помещения, который сравнивается с допустимым уровнем шума в концертном зале.

Из рис. 7. видно, что шум не превышает допустимой нормы.

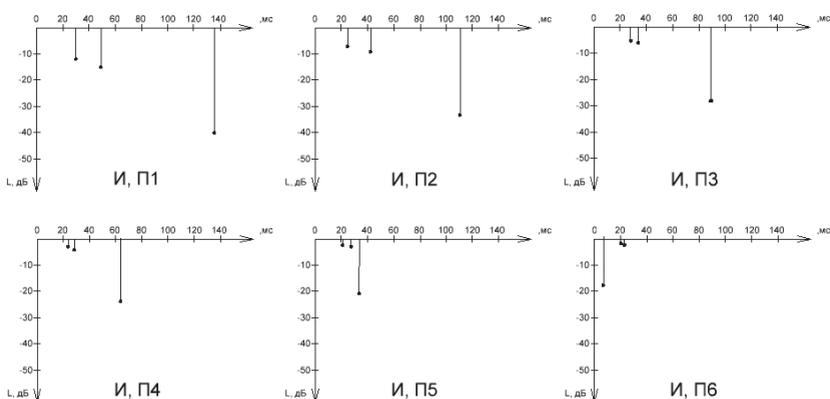


Рис. 5. Картина начальных отражений для разных излучающе-приемных пар

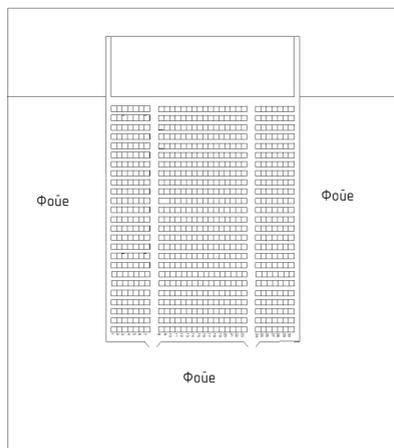


Рис. 6. Расположение зрительного зала

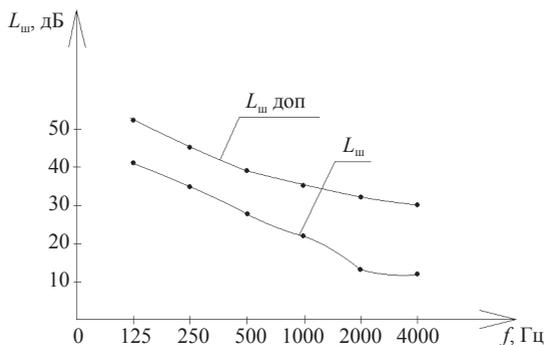


Рис. 7. Частотная характеристика допустимого и полученного уровней шумов

Помимо рассмотренных параметров оценки качества помещения необходимо проверить помещение на наличие тембральных искажений, это делается путем исследования спектра собственных частот помещения. Влияние спектра будет рассматриваться в моей выпускной квалификационной работе.

Список литературы

1. Смирнова Н. А. Акустические системы озвучивания помещений и архитектурная акустика: метод. рук. по вып. курс. проекта. СПб.: СПбГУКиТ, 2007.
2. Давыдов В. В. Акустика студий и кинотеатров: текст лекций. Л.: ЛИКИ, 1987.
3. Акустика: учебник для вузов / Ш. Я. Вахитов, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев, Ю. П. Щевьев; под ред. проф. Ю. А. Ковалгина. М.: Горячая линия-Телеком, 2009.

Научный руководитель: Н. А. Смирнова, доцент кафедры физики и математики СПбГИКиТ.

ДИНАМИЧЕСКИЙ МИКРОФОН ДЛЯ ВОКАЛЬНОГО ПЕНИЯ

Целью данной работы является ознакомление с основами проектирования однонаправленного динамического микрофона для вокального пения. Рассмотрены функционально-структурная схема, внутренняя конструкция капсуля динамического микрофона, а также сформулирована задача для выпускной квалификационной работы.

Современный микрофон – это аппарат, который служит для преобразования акустических колебаний в электрические сигналы. Таким образом, входной величиной является звуковое давление, которое создается источником звука в определенной точке поля, а выходной – электрический сигнал с определенными параметрами.

На сегодняшний день, микрофон – это довольно сложная система, которую принято рассматривать как цепочку, состоящую из нескольких звеньев (подсистем). Каждое звено отражает характер физических процессов, происходящих в нем. Исходя из этого микрофон как электромеханическую систему можно разделить на четыре подсистемы (ПС): акустическую, акустико-механическую, электромеханическую и электрическую (рис. 1).

Свойства акустического звена характеризуют микрофон как приемник звука. В результате воздействия звукового давления и приемника звука формируется механическая сила. На ее формирование влияет ряд факторов, которые нужно учитывать при проектировании, а именно: характер звукового поля, угол падения звуковой волны относительно акустической оси аппарата, форма и размер корпуса микрофона.

Акустико-механическое звено служит для согласования сформированной механической силы с колебательной скоростью подвижного элемента преобразователя в заданном диапазоне частот. Свойства этого звена определяются его строением: структурой и числом акустико-механических элементов, входящих в него. Конструктивно это выражается в отверстиях, щелях, зазорах, пористых элементах, которые находятся в капсуле микрофона. Акустико-механическое звено определяет частотную характеристику чувствительности микрофона, а также вместе с акустическим звеном определяет характеристику направленности.

Электромеханическое звено служит для механических колебаний подвижного элемента в электродвижущую силу. Эффективность работы этого звена зависит от напряжения поляризации, механических и электрических

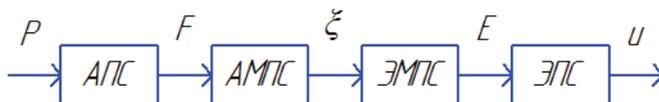


Рис 1. Функционально-структурная система микрофона

свойств мембраны и т. д. Эффективность преобразователя принято характеризовать коэффициентом электромеханической связи.

Электрическое звено – это электрическая схема микрофона, собранная из обычных электрических элементов. Это звено осуществляет согласование электрической части преобразователя с последующим устройством усиления. Электрическое звено отвечает за параметр собственного шума микрофона, а также влияет на его чувствительность. При проектировании с помощью электрической схемы можно изменить частотные параметры выходного сигнала.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что акустическое и электро-механическое звенья определяют суть работы микрофона, тогда как акустико-электрическое и электрическое звенья являются согласующими, основная задача которых передать полезный сигнал с минимальными потерями.

Внутренняя конструкция капсуля динамического микрофона определяется числом, характером и расположением акустико-механических элементов, применяемых при разработке. Схематическая конструкция капсуля современного динамического микрофона представлена на рис. 2.

Динамический микрофон конструктивно можно разделить на три части: подвижную систему, магнитную цепочку и акустико-механическую структуру.

Подвижная система состоит из куполообразной диафрагмы с кольцевым подвесом. К контуру купола диафрагмы подклеивается звуковая катушка, а внешний контур подвеса закрепляется прокладкой на фланце. Звуковая катушка, которую мы помещаем в зазор, должна быть тщательно откалибрована во избежание соприкосновения с другими неподвижными частями микрофона. Таким образом, подвижная система образует механическую систему микрофона.

Магнитная цепочка обычно состоит из постоянного магнита, который изготавливается из магнитотвердых материалов с высокой остаточной индукцией, намагниченного по направлению к оси микрофона. Нижний торец магнита установлен в магнитный стакан (диаметр которого обычно 20–40 мм), а к верхнему

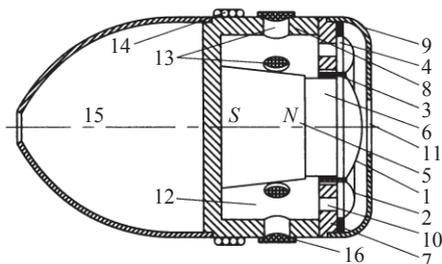


Рис. 2. Схематическая конструкция капсуля динамического микрофона:

- 1 – купол диафрагмы; 2 – подвес диафрагмы (воротника); 3 – звуковая катушка;
- 4 – прокладка крепления диафрагмы; 5 – постоянный магнит; 6 – сердечник (полюсный наконечник); 7 – фланец; 8 – магнитный стакан; 9 – высокочастотная накладка; 10 – отверстия, объединяющие внутриманитный и подворотниковый объемы; 11 – отверстие высокочастотной накладки (первого выхода);
- 12 – внутриманитный объем; 13 – отверстие второго выхода с тканью
- 16, формирующей активное сопротивление; 14 – антифонная катушка;
- 15 – монтажный объем

торцу прикреплен керн. По верхнему полю закреплен верхний фланец, который имеет вид диска с центральным отверстием. Между наконечником и фланцем создается сильное магнитное поле благодаря кольцевому зазору и постоянному магниту. Керн, фланец и магнитный стакан изготавливаются из магнитомягких материалов (обладающих высокой магнитной проницаемостью).

Акустико-механическая структура создается за счет взаимосвязанных полостей, отверстий и трубок внутри корпуса микрофона. Вследствие движения диафрагмы создается поток воздуха, который, проходя через систему полостей и отверстий, формирует акустические элементы: массу, гибкость и трение.

Кроме перечисленных выше, в конструкции динамического микрофона могут использоваться и дополнительные элементы, которые направлены на коррекцию частотной характеристики чувствительности или на уменьшение шумов и помех. Так, например, высокочастотная накладная, которая представляет собой небольшую крышку с отверстиями, позволяет за счет резонанса откорректировать частотную характеристику чувствительности в высокочастотной области. Для выравнивания вышеупомянутой характеристики в области низких частот используют дополнительные объемы, соединенные с внутримангнитным с помощью трубок и отверстий. Для уменьшения шумов и помех используется «антифонная» катушка, которая наматывается на корпус капсуля. Она помогает существенно снизить наводимые на звуковую катушку внешние электромагнитные помехи.

Все эти, и многие другие факторы и характеристики должны быть учтены и просчитаны для проектирования современного однонаправленного динамического микрофона. Несмотря на то что тенденция к уменьшению числа разработок в этой области во всем мире сохраняется приблизительно с 1980-х гг., в России до сих пор нет микрофона, который был бы конкурентоспособен рядом с западными аналогами. Разработок было множество, но ведущей модели так и не появилось. Выпускную квалификационную работу я хотел бы посвятить созданию модели динамического вокального микрофона, который отвечал бы всем современным требованиям и его серийный выпуск был возможен с экономической точки зрения.

Научный руководитель: *Ш. Я. Вахитов*, доцент кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 004.77

С. С. Жданов, Ф. Ф. Рафиков

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа

МЕТОДИКА ВНЕДРЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

В соответствии с ФГОС ВПО по направлению «Прикладная информатика» выпускник должен обладать определенными профессиональными компетенциями: способностью разрабатывать, внедрять и адаптировать прикладное

программное обеспечение; способностью осуществлять ведение базы данных и поддержку информационного обеспечения решения прикладных задач [2].

Рассмотрим образовательный комплекс «Информационные системы и технологии» при обучении студентов по направлению подготовки «Прикладная информатика». В этом комплексе представлен теоретический материал по следующим темам курса «Информационные системы и технологии»: «Введение в теорию информационных систем и технологий», «Информационные системы», «Информационные технологии пользователя», «Документальные системы», «Фактографические системы», «Предметно-ориентированные информационные системы и информационные технологии».

Рассмотрим в качестве примера методику использования образовательного комплекса «Информационные системы и технологии» при изучении темы «Функциональная декомпозиция системы».

Согласно учебному плану и программе дисциплины «Информационные системы и технологии» на данную тему отведено 16 ч: 4 ч лекций и 12 ч лабораторных работ.

В образовательном комплексе представлены теоретические сведения по декомпозиции контекстной диаграммы, по построению функциональной модели, диаграммы дерева узлов и потоков данных.

В частности, при изучении темы «Функциональная декомпозиция системы» применяется программное обеспечение BPwin. На лабораторных занятиях студенты изучают следующие темы: «Декомпозиция контекстной диаграммы», «Построение функциональной модели», «Построение диаграммы дерева узлов», «Построение диаграммы потоков данных», «Построение диаграммы IDEF3», «Стоимостный анализ».

При выполнении лабораторных работ студенты:

- изучают основные элементы интерфейса программы BPwin, осваивают технологию создания модели, редактируют построенную диаграмму, производят декомпозицию контекстной диаграммы, изучают правила построения дуг и туннелирования стрелок;
- изучают детализацию процессов, составляют отчет о свойствах модели;
- осваивают правила описания свойств модели и принципы построения диаграммы дерева узлов, правила построения диаграммы FEO, назначение и принципы построения диаграммы потоков данных;
- изучают свойства и стиль диаграммы дерева узлов, устанавливают внутренние ссылки и производят детализацию диаграммы потоков данных;
- осваивают принципы построения диаграммы IDEF3, правила создания перекрестков, устанавливают связи между работами;
- изучают последовательность и правила определения параметров стоимостного анализа, составляют отчет о стоимости бизнес-процесса.

С помощью материала для лабораторной работы организуется самостоятельная работа студентов, например выполнение индивидуального задания.

Рассмотрим этапы построения модели: определение бизнес-процесса; построение контекстной диаграммы; построение диаграммы процесса верхнего уровня; функциональная декомпозиция каждого процесса при помощи детализирующих диаграмм.

После создания контекстной диаграммы (описание контекста моделируемой системы) проводится функциональная декомпозиция (система разбира-

ется на подсистемы). Каждый фрагмент системы изображается на отдельной диаграмме декомпозиции.

Диаграмма дерева узлов показывает в модели иерархию работ и позволяет рассмотреть модель в целом. Однако дерево узлов не показывает взаимосвязи между работами. Процесс создания модели работ является итерационным. Поэтому работы могут менять свое расположение в дереве узлов многократно.

Диаграммы потоков данных (Data flow diagramming, DFD) используют как дополнение к модели IDEF0 для наглядного отображения текущих операций документооборота в системах обработки информации. Диаграммы потоков данных показывают внешние источники, потоки и хранилища данных.

Однако для описания логики взаимодействия информационных потоков больше подходит IDEF3 (Workflow diagramming – методология моделирования), использующая графическое описание информационных потоков, взаимоотношений между процессами обработки информации и объектов, являющихся частью этих процессов. Диаграммы Workflow используются в моделировании бизнес-процессов для анализа завершенности процедур обработки информации. IDEF3 – метод, описывающий ситуацию, в которой процессы выполняются в определенной последовательности.

Для определения качества модели с точки зрения эффективности бизнес-процессов, необходима система метрики. Таким образом, качество модели следует оценивать количественно. ВРwin предоставляет два инструмента для оценки модели: стоимостный анализ (основан на работах) и свойства, определяемые пользователем.

После рассмотрения индивидуального задания и вопросов для самостоятельного освоения целесообразно предложить задание на построение функциональной модели. Приведем примеры подобных заданий.

1. Создан проект сети с топологией и составом оборудования согласно рис. 1.

Задан трафик с профилем LAN peer-to-peer между рабочими станциями и клиент-серверный трафик с профилем File server's client от каждой рабочей станции к серверу [1]. Увеличивая трафик за счет изменения задержки между

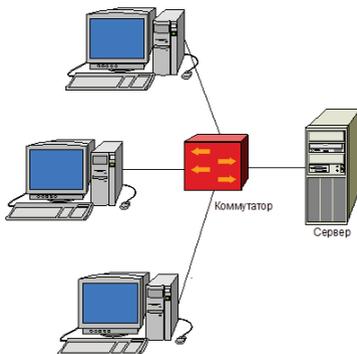


Рис. 1. Топология «звезда»

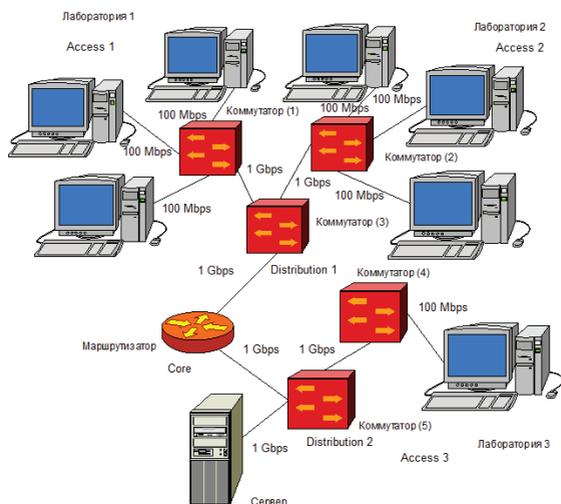


Рис. 2. Проект сети с заданной топологией и составом оборудования

пакетами «Time between transactions» профиля LAN peer-to-peer, получили максимально возможную загрузку каналов связи.

2. Дан проект сети с топологией и составом оборудования согласно рис. 2 (в лабораториях по 12 компьютеров). Задан трафик с профилем InterLAN traffic между рабочими станциями (компьютеры с одинаковыми номерами, 12 пар) в лаборатории 3 (приемник трафика компьютеры в лаборатории 2); с профилем SQL server's client в лаборатории 2 (приемник трафика сервер 1); с профилем HTTP client в лаборатории 1 (приемник трафика сервер 1).

Определен максимально возможный трафик компьютеров в лаборатории 2 и узкое место сети, увеличивая частоту поступления SQL запросов клиентов за счет уменьшения времени между транзакциями.

Все вышеперечисленное может быть использовано на практических занятиях по моделированию систем. Применяя данную методику при изучении темы «Функциональная декомпозиция системы», можно создать декомпозицию контекстной диаграммы, построить диаграмму дерева узлов и т. д.

Список литературы

1. Зиангирова Л. Ф. Методика изучения темы «Проектирование компьютерных сетей» при обучении студентов по направлению подготовки «Прикладная информатика» // Информатика и образование. 2014. № 9 (258).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» (уровень бакалавриата) // URL: <http://минобрнауки.рф/документы/5442>

Научный руководитель: Л. Ф. Зиангирова канд. пед. наук, старший преподаватель кафедры прикладной информатики Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы.

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ УДАРА

Я профессионально занимаюсь боевыми искусствами и знаю, что для достижения высоких результатов в данном виде спорта принципиально важным является скорость нанесения удара рукой. Измерению этой скорости посвящено наше исследование. Научный подход к тренировочному процессу создает мотивацию к изучению математики, физики и информатики, формирует познавательный интерес [3].

Для решения этой задачи мы использовали скоростную видеосъемку на фоне линейки. Мы использовали фотоаппарат OLYMPUS SH-1, который имеет режим видеосъемки со скоростью 240 кадр/с, т. е. позволяет просматривать видео замедленным в 10 раз. Для просмотра мы использовали видеопроигрыватель VLC media player, который позволяет покадровый просмотр. При просмотре мы на каждом кадре по линейке замеряли координату крайней точки кулака.

Данный метод позволил нам измерить как среднюю скорость удара, так и мгновенную скорость с шагом по времени 1/120 с (для большей точности мы брали значения координаты и времени последующего и предыдущего кадров). Цена деления линейки составляла 1 см, поэтому абсолютная погрешность измерения координаты составляла 0,5 см. Абсолютная погрешность измерения времени определялась частотой кадров скоростной видеосъемки и равна 1/240 с. Математическую обработку результатов измерений и построение графиков мы проводили в программе Microsoft Excel, входящий в пакет Microsoft Office.

Среднюю скорость [1, с. 9] мы находили как отношение полного пройденного кулаком расстояния к полному времени удара для левой и для правой руки:

$$\langle V \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}.$$

Относительную погрешность [2, с. 12] измерения мы находили по косвенному методу по формуле

$$\varepsilon_V = \frac{\Delta V}{V} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{t}\right)^2}.$$

Мгновенную скорость [1, с. 9] мы находили как отношение разностей координат последующего и предыдущего кадров к разности времен соответствующих кадров по формуле

$$V_1 = \frac{(x_{i+1} - x_{i-1})}{(t_{i+1} - t_{i-1})},$$

где i – номер измерения, x – координата кулака в момент времени t .

На рис. 1 представлен характерный график зависимости мгновенной скорости удара левой рукой от времени.

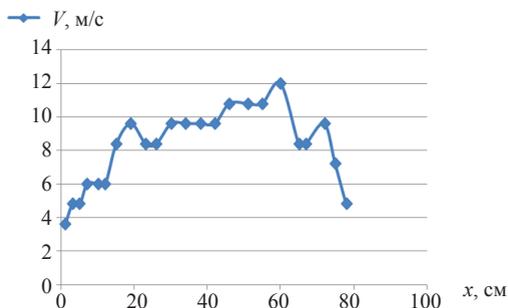


Рис. 1

Неровности графика объясняются тем, что кулак во время удара движется не синхронно с предплечьем, а поворачивается сложным образом.

Из графика легко определить дистанцию до соперника, на которой кулак имеет максимальную скорость.

Аналогичным образом можно было бы определить и ускорение кулака, но в данном случае эта информация бесполезна, поскольку неизвестно, какая масса вложена в удар. Более полезна была бы информация об ускорении в момент касания противника, поскольку именно оно характеризует силу воздействия на противника, но данным методом его измерить не представляется возможным.

На рис. 2 представлен характерный график зависимости мгновенной скорости удара правой рукой от времени.

Из графика можно заключить, что мой удар правой рукой сильнее и достигает максимальной скорости на большей дистанции, что в свою очередь объясняется тем, что я использую левостороннюю стойку.

Мы получили следующие результаты:

- средняя скорость удара левой рукой равна $8,0 \pm 0,3$ м/с;
- средняя скорость удара правой рукой равна $11,4 \pm 0,3$ м/с;
- максимальная мгновенная скорость удара левой рукой достигала $13,2 \pm 0,5$ м/с при $p = 0,95$;

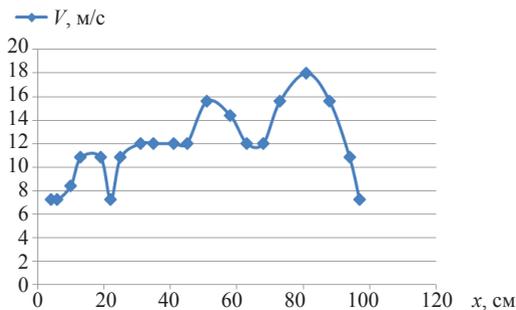


Рис. 2

– максимальная мгновенная скорость удара правой рукой достигала $18,0 \pm 0,5$ м/с при $p = 0,95$.

Принципиально важным, является то, что максимальной скорости кулак достигал на расстоянии примерно 60 см от начального положения для левой руки, и 80 см – для правой. Это позволит мне улучшить мою технику удара рукой, поскольку теперь я знаю, с какой дистанции от соперника мне выгоднее всего наносить удар.

Список литературы

1. *Трофимова Т. И.* Курс физики: учеб. пособие для вузов. Изд. 9-е, перераб. и доп. М.: Академия, 2004
2. Физика. Физические основы механики: метод. указ. по вып. лаб. работ. СПб: СПбГУКиТ, 2005.
3. *Штейн Б. М.* Использование качественных прикладных задач при изучении физики в вузе // Материалы I городской конференции «Инновационные образовательные технологии». 19–20 марта 2009 г. СПб.: СПбГУКиТ, 2010.

Научный руководитель: *Б. М. Штейн*, канд. пед. наук, доцент кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 681.84.085.2

Е. А. Ковальская

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

КОНДЕНСАТОРНЫЙ МИКРОФОН ДЛЯ СТУДИЙНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Существуют объективные технические характеристики, указываемые в паспорте любого микрофона, по которым можно приблизительно представить эталонное качество передачи звука данным прибором.

К конденсаторным микрофонам для студийной звукозаписи предъявляется набор требований, при соблюдении которых, микрофон будет обеспечивать минимальное отличие сигнала на выходе от сигнала на входе. Для различных целей удобно использовать микрофоны с различными параметрами. В данной работе пойдет речь о студийных конденсаторных микрофонах с кардиоидной характеристикой направленности.

Студийный микрофон должен иметь максимально ровную ЧХЧ (соответственно минимальную неравномерность) во всем диапазоне человеческого слуха (20–20000 Гц) и номинальный диапазон частот в тех же пределах. Динамический диапазон хорошего студийного микрофона должен позволять работать с любыми звуковыми сигналами. При многоканальной записи шумы с разных каналов в совокупности могут образовать абсолютно ненужный фон, поэтому для профессионального студийного микрофона соотношение сигнал/шум должно быть не менее 72–75 дБ [2]. Для фактического подхода к вопросу было принято решение проанализировать объективные

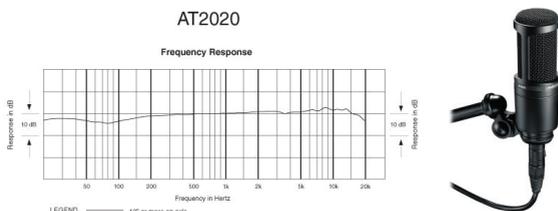


Рис. 1. Микрофон «AUDIO-TECHNICA AT2020» и его ЧХЧ

характеристики 4 реально существующих студийных микрофонов из разных ценовых категорий.

Студийный микрофон производства японской компании «Audio-Technica» (рис. 1). Микрофон принадлежит к самой доступной ценовой категории, при этом является очень популярной моделью, считается очень качественным при низкой цене (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики микрофона AT2020

Направленность	Кардиоида
Частотный диапазон, Гц	20–20 000
Чувствительность на 1 кГц, мВ/Па	14,1
Выходной импеданс, Ом	100
Максимальный уровень звукового давления на 1кГц	144
Соотношение сигнал/шум, дБ	74
Габаритные размеры, мм	52 × 162
Вес, г	345

Студийный микрофон производства российской компании «ОКТАВА» (рис. 2). Позиционируется как профессиональный, однако также лежит в доступной ценовой категории. В линейке микрофонов «Октава МК-105» считается одним из лучших, по качеству он на равных конкурирует с лучшими конденсаторными и порой даже ламповыми микрофонами (табл. 2).

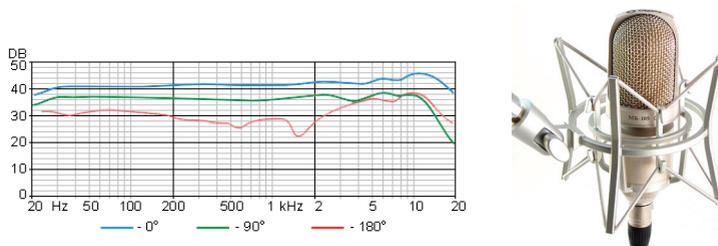


Рис. 2. Микрофон «ОКТАВА МК-105» и его ЧХЧ

Таблица 2

Характеристики микрофона «Октава МК-105»

Направленность	Кардиоида
Частотный диапазон, Гц	20–20 000
Чувствительность на 1 кГц, мВ/Па	>10
Выходной импеданс, Ом	300
Максимальный уровень звукового давления на 1 кГц	> 120
Соотношение сигнал/шум, дБ	>76
Габаритные размеры, мм	55 × 160
Вес, г	380

Студийный микрофон производства австрийской фирмы АКГ (рис. 3) средней ценовой категории, близок к доступным. Позиционируется производителями как универсальный, предназначенный для использования не только в студии, но и на сцене (табл. 3).

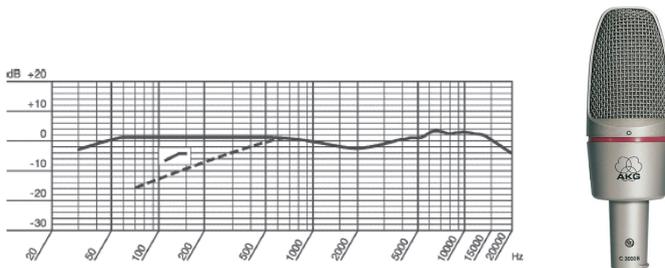


Рис. 3. Микрофон АКГ С 3000 В и его ЧХЧ

Таблица 3

Характеристики микрофона АКГ

Направленность	Кардиоида
Частотный диапазон, Гц	20–20 000
Чувствительность на 1 кГц, мВ/Па	25
Выходной импеданс, Ом	200
Максимальный уровень звукового давления на 1 кГц	140
Соотношение сигнал/шум, дБ	80
Габаритные размеры, мм	53 × 162
Вес, г	320

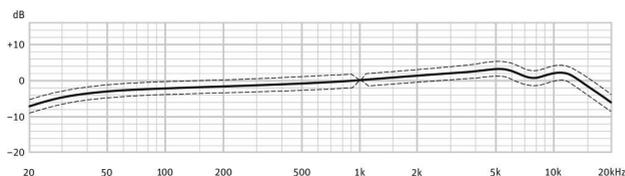


Рис. 4. Микрофон «Neumann TLM 49» и его ЧХЧ

Профессиональный студийный микрофон производства немецкой компании «Neumann» (рис. 4). Лежит в высокой ценовой категории, считается очень качественным, очень ценится в кругу профессионалов (табл. 4).

Таблица 4

Характеристики микрофона «Neumann TLM 49»

Направленность	Кардиоида
Частотный диапазон, Гц	20–20 000
Чувствительность на 1 кГц, мВ/Па	13
Выходной импеданс, Ом	50
Максимальный уровень звукового давления на 1 кГц	Для $K_r < 0,5\%$ – 110 дБ Для $K_r < 5\%$ – 129 дБ
Соотношение сигнал/шум, дБ	82
Габаритные размеры, мм	78 × 165
Вес, г	825

Чтобы не опираться лишь на характеристики, заявленные производителями, проведем анализ на основе субъективного человеческого восприятия. Для этого возьмем помещение, звуковое поле в котором можно считать свободным в некоем приближении, затем проведем тесты. Создадим поочередно для всех 4 микрофонов максимально похожие условия и запишем на каждый одни и те же тестовые сигналы. Затем проведем субъективную оценку качества с большим количеством испытуемых и посмотрим, какую картину мы получим.

На каждый микрофон будут записаны 3 сигнала – человеческая речь с большим динамическим диапазоном и различными тембрами, звучание оркестра и белый шум. Каждый микрофон через один и тот же провод поочередно подключается в один и тот же канал внешней звуковой карты RME FireFace 800 с неизменными установками. Сигнал будет воспроизводиться с одного и того же громкоговорителя «МАСКIE HR 824 mk2» с неизменны-

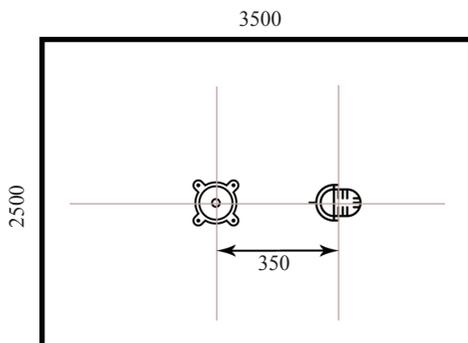


Рис. 5. Схема расстановки оборудования для проведения тестов

ми параметрами. Схема установки оборудования приведена на рис. 5. Микрофон и громкоговоритель установлены на одной высоте, помещение обработано звукопоглощающим материалом.

Очевидно, что основные изменения сигналы претерпевают еще до попадания в микрофон. Есть общие сходные черты у сигналов с каждого микрофона, которые обусловлены акустическими особенностями помещения, в котором велась запись, ЧХ громкоговорителя, с которого поступал сигнал и т. д. Однако поскольку эти черты константны, они повлияют лишь на общий уровень оценок, но не изменят соотношение оценок по каждому микрофону.

Участники опроса – простые слушатели. Здесь не ставится четких требований к акустике, на которой они будут прослушивать материал, так как моделируется реальная ситуация – когда записанный в студии материал прослушивают дома. Кто-то прослушивает в наушниках, кто-то на дешевой китайской акустической системе и т. д. Были отсеяны лишь результаты прослушиваний на слишком коверкающих и не дающих даже минимально необходимой полосы прослушивания системах, вроде колонок от ноутбука.

В итоге слушатели наиболее хорошо оценили микрофоны «Октава МК-105» и АТ 2020. ЧХЧ микрофона «Октава» наиболее ровная, поэтому испытуемые дают самую высокую оценку. Микрофон АТ 2020 имеет небольшой подъем от низких к высоким частотам. Обыкновенные слушатели воспринимают это как положительную черту на первых двух сигналах, отсюда так же высокие оценки. «Neumann» и АКГ имеют более сложные характеристики, что субъективно воспринимается как недостаток, поэтому оценки ниже.

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы.

Понятие «качество» – очень субъективно. С возрастанием цены в лучшую сторону меняются некоторые параметры микрофона. При этом субъективно общее звучание может казаться более или менее «качественным» (на самом деле – более или менее приукрашенным). Под качеством прежде всего следует понимать приближенность звука на выходе к тому, что поступает на вход микрофона, степень отражения реальной картины. Для качественной звукозаписи студийный микрофон должен отвечать следующим минимальным требованиям (табл. 5)

Таблица 5

Частотный диапазон, Гц	20–20 000
Неравномерность ЧХЧ	Минимальная
Соотношение сигнал/шум, дБ	Не ниже 72–75 (чем больше, тем лучше)

Все остальные характеристики микрофонов, указанные в технической документации, определяют различные параметры их использования, особенности их подключения, оптимальный способ их установки для записи и т. д., но ни в коем случае не качество звука. Очень дорогой микрофон может идеально подходить для записи чего-то определенного, например вокала или какого-либо инструмента. Однако он может оказаться малопригодным для записи чего-то другого. Поэтому нельзя сказать, что возрастание цены влияет на универсальность и качественную передачу звука микрофоном. Нужно подходить к каждому микрофону индивидуально, смотреть на его характеристики и анализировать их соответствие целям, для которых данный микрофон планируется применять.

Список литературы

1. *Вахитов Ш. Я.* Современные микрофоны. Теория, проектирование. СПб.: СПбГУКиТ, 2003.
2. *Вахитов Ш. Я.* Электроакустика: учеб. пособие. СПб.: СПбГИКиТ, 2015.
3. AT2020 CARDIOID CONDENSER MICROPHONE. URL: <http://www.eu.audio-technica.com/microphones/studio/AT2020> (дата обращения: 29.03.2016).
4. Октава МК-105. URL: http://www.oktava-mics.net/shop/p-21/oktava_mk-105.html (дата обращения: 29.03.2016).
5. AKG C 3000. URL: <http://www.akg.com/pro/p/c3000> (дата обращения: 29.03.2016).
6. Neumann TLM 49. URL: https://www.neumann.com/?lang=en&id=current_microphones&cid=tlm49_description (дата обращения: 29.03.2016).

Научный руководитель: *Ш. Я. Вахитов*, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 53:519.6

А. С. Корчагина

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛИННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК

В статье представлены результаты изучения классических парадоксов вычислительной физики в современном компьютерном эксперименте в рамках дипломного проекта. Дана статистическая интерпретация закона равномерного распределения энергии по степеням свободы в результатах численного моделирования цепочки нелинейных связанных осцилляторов

Ферми–Па́ста–Улама (системы с дискретной симметрией). Рассматриваются методические аспекты изучения фундаментальных научных проблем и современных достижений в области компьютерного моделирования. Апробирована методика расчета энергии длинных наноразмерных акустических цепочек. Приведены результаты вычислительного эксперимента со статистической обработкой данных. В работе использовался современный математический пакет Maple, а также интерактивная графика Excel.

Аналитический метод (решение задач по формулам) сыграл важную роль в развитии науки XVIII–XX вв. и широко применяется в настоящее время. Однако метод все же является ограниченным, поскольку его можно использовать, как правило, в идеализированных ситуациях. Аналитические задачи обычно разбираются в задачниках по физике и математике. Это нужные задачи, так как они обучают мыслить математическими и физическими категориями, но они, как правило, далеки от реальности. Они идеализированы настолько, что могут служить только иллюстрацией закона, правила или иерархии моделей. В таких задачах приходится считать зависимости предельно простыми: движения – равноускоренными, силы – линейно зависящими от отклонений или от скорости, токи – линейно зависящие от напряжения, оптические среды – однородными.

Со времен натурфилософии Ньютона совершенствовались численные методы в дискретной математике, которые позволяют приближенно решать задачи математического моделирования. В идейном плане численные методы проще аналитических методов высшей математики и некоторые из них доступны школьникам.

Вспоминая историю науки, отметим, что в 50–60-х гг. XX в. началась новая научная революция – достижения физики, математики, информатики и техники открыли перспективы реализации крупнейших проектов – овладение атомной энергией и создание атомного оружия, освоение космического пространства и поиск новых фундаментальных законов природы. Осуществление проектов потребовало огромных затрат ресурсов, детального анализа возможных путей протекания физических явлений и технологических процессов, тщательного отбора наилучших вариантов постановки дорогостоящих экспериментов. Сложность возникающих задач делала их недоступными для стандартных приемов теоретической и экспериментальной физики, а необходимость решения проблем стимулировала возникновение вычислительной физики как новой методологии научных исследований [10].

В начале XX в. внимание многих ученых было привлечено к различным задачам физики твердого тела и физической акустики. Их интересовало, можно ли предсказывать теплоемкость твердых тел на основе простых представлений о движении и взаимодействии отдельных частиц, как в кинетической теории газов. Проблема хаотизации колебаний атомов в нелинейном кристалле восходит к работам П. Дебая (1914). Позднее Э. Ферми инициировал первые вычислительные эксперименты в физике твердого тела. Когда в 1953 г. ученые сформулировали проблему, они думали, что удастся найти решение путем расчета на компьютере. Научные исследования проводились на Mathematical Numerical Integrator and Computer (MANIAC), одном из первых цифровых компьютеров в мире. Однако теплового равновесия в системе так и не удалось достигнуть.

Дж. Паста и С. Улам рассчитывали динамику 32 и 64 связанных осцилляторов с нелинейными силами взаимодействия. Вместо термализации энергии, хаотизации колебаний обнаруживался квазипериодический обмен энергией между нормальными модами и солитонными решениями. Кроме того, наблюдался парадокс возврата системы к начальному состоянию. Совокупность изучаемых вопросов численного моделирования о применимости законов статистической физики к нелинейным системам с большим числом степеней свободы стали называть классическими проблемами, или парадоксами, Ферми–Паста–Улама (ФПУ) [7; 8].

Методике компьютерного моделирования при изучении фундаментальных научных проблем посвящены работы кафедры математики и физики СПбГИКиТ [3; 4; 5; 6; 10; 13]. Методологии математического моделирования в физике конденсированного состояния, асимптотическим методам в физике твердого тела, квантово-механическим задачам и спектральному анализу нелинейных колебаний посвящены публикации [1; 7; 8; 9; 10].

На рис. 1 представлены результаты компьютерных экспериментов с цепочкой Ферми–Паста–Улама разного размера со статистической обработкой данных. Современное программное и математическое обеспечение, интерактивная графика позволяют выйти за рамки классической системы ФПУ и получить гистограммы равномерного распределения энергии по степеням свободы в малой окрестности средних значений для длинных наноразмерных цепочек. Это важно для дальнейшего изучения асимптотических решений и устойчивости нелинейных нормальных мод в термодинамическом пределе.

В физике феноменологическая термодинамика рассматривается как универсальная модель физической системы. Существование термического уравнения состояния следует из транзитивности термодинамического равновесия. Причем уравнения транзитивности всегда можно определить, мысленно разбивая рассматриваемую физическую систему на макроскопические подсистемы. Поэтому существенное увеличение размера цепочки оправдано, причем, внесение случайностей в динамику детерминированной системы возможно за счет взаимодействия цепочки с окружающей средой, а также за счет возможных случайных погрешностей вычислительного эксперимента [4; 6; 13].

В этом случае статистический закон о равномерном распределении энергии по степеням свободы можно обобщить на случай произвольной молекулярной системы с учетом дисперсии измеряемой энергии. На рис. 2 пред-

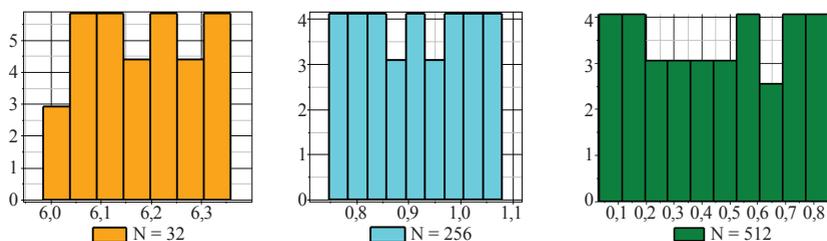


Рис. 1. Гистограммы равномерного распределения энергии по степеням свободы в среде Maple

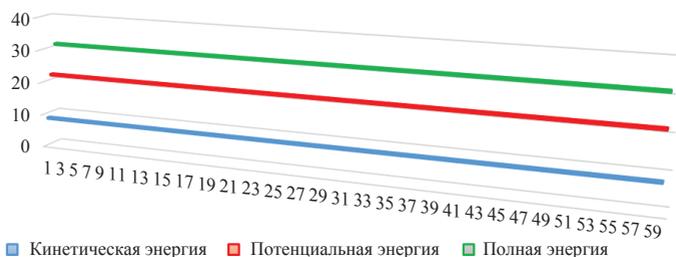


Рис. 2. *Равномерное распределение энергии по степеням свободы в среде Excel*

ставлено равномерное распределение средних энергий по степеням свободы в системе ФПУ.

Вероятностный характер законов классической статистической физики, учитывающий случайности событий, как правило, связан с большим числом частиц и степеней свободы, неполнотой экспериментальных данных. Такая точка зрения со временем стала привычной и позволяла как-то примириться с парадоксальностью нелинейной динамики, но оставляла чувство неудовлетворенности. Поэтому неопровержимое установление возможности хаотического, непредсказуемого поведения детерминированных динамических систем, а также применимость законов статистической физики в модели ФПУ решающим образом затрагивает наши фундаментальные мировоззренческие представления о природе волновых процессов в нелинейных средах.

Список литературы

1. Кондратьев А. С., Белоусов А. А., Ходанович А. И. Компьютерное моделирование. Динамика. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 1997.
2. Кондратьев А. С., Прияткин Н. А. Современные технологии обучения физике: учеб. пособие. СПб.: СПбГУ, 2006.
3. Сорокина И. В., Ходанович А. И. Моделирование и формализация в курсе физики профильной школы // Физика в школе и вузе / отв. ред. Г. А. Бордовский. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2004.
4. Сорокина И. В., Ходанович А. И. Погрешности учебного вычислительного эксперимента в задачах естественнонаучного цикла // Физика в школе и вузе / отв. ред. Г. А. Бордовский. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2004.
5. Ходанович А. И. Классические парадоксы вычислительной физики в современной науке и образовании // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 2–3.
6. Ходанович А. И., Сорокина И. В., Соколов Д. А. Изобретательские задачи при изучении методов в математической физике // Формирование инженерного мышления в процессе обучения: материалы междунар. науч.-практ. конфер. / отв. ред. Т. Н. Шамало. СПб., 2015.
7. Ходанович А. И., Сорокина И. В., Соколов Д. А. История физических задач в современной метаметодике учебных исследований // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/119-14901>.
8. Ходанович А. И., Сорокина И. В., Соколов Д. А. Парадоксальность физических представлений в истории и методологии науки // Инновационные технологии в медиаобразовании: материалы III Всерос. науч.-практ. конфер. СПб., 2015.
9. Ходанович А. И., Сорокина И. В., Соколов Д. А. Спектральный анализ нелинейных колебаний в многомерном фазовом пространстве. Физика в системе современ-

ного образования // Материалы XIII Междунар. науч. конфер. Т. 1. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2015.

10. *Ходанович А. И.* Концептуально-методические аспекты информатизации общего физического образования на современном этапе: дисс. ... д-ра пед. наук. СПб., 2003.

11. *Ходанович А. И., Ханин Д. С.* Знакомство с ангармоничными эффектами в твердых телах при изучении общего курса физики // Физика в школе и вузе. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2001.

12. *Ходанович А. И., Ханин Д. С.* О некоторых возможностях формирования понятий квантовой теории твердого тела при решении задач механики. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2000.

13. *Кондратьев А. С., Ходанович А. И.* Методы вычислительного эксперимента. учеб. прогр. и метод. рек. для студентов и слушателей всех форм обучения и специализации. СПб.: СПбГИГО, 2002.

14. *Onorato M., Vozella L., Proment D., Lvov Y. V.* Route to thermalization in the α -Fermi–Pasta–Ulam system // PNAS. 2015. 112 (14).

Научный руководитель: *А. И. Ходанович*, д-р пед. наук, проф. кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 536.421.4

А. Ф. Мамедова

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА МПЕМБЫ

Это явление описывали Аристотель, Бэкон, Декарт, но только в 1963 г. Эрасто Мпемба установил, что горячая смесь мороженого замерзает быстрее, чем холодная. Эффект Мпембы заключается в том, что горячая вода (в определенных условиях) замерзает быстрее, чем холодная.

Учащийся средней школы в Танзании Мпемба изучал кулинарию. Он должен был сделать мороженое – вскипятить молочную смесь, добавить в нее сахар, остудить до комнатной температуры и потом заморозить в морозилке. Но он поставил в холодильник еще горячее молоко. Вопреки его ожиданиям, оно заморозилось быстрее, чем смесь его одноклассников, сделанная точно по рецепту.

Парадоксальность данного явления заключается в том, что время, за которое тело остывает до какой-либо температуры, пропорционально разности начальной и конечной температур. Этот закон установил Ньютон, и он неоднократно проверялся. Эффект Мпембы ему противоречит.

Однако данному явлению можно найти объяснение в рамках физики [2; 3].

Самая простая гипотеза – испарение. Горячая вода быстрее испаряется, забирая у воды больше теплоты. Кроме того, при этом уменьшается масса воды, поэтому она замерзает быстрее.

Другое возможное объяснение заключается в том, что разница температур между горячей водой и холодным воздухом больше, значит, теплообмен идет интенсивнее и горячая вода быстрее охлаждается. Но когда вода охлаждается ниже 0°C , она не сразу замерзает. При некоторых условиях

становится «переохлажденной», продолжая находиться в жидкой фазе при температурах ниже точки замерзания. Чтобы начали формироваться первые кристаллики льда, нужны центры кристаллообразования. Когда кристаллы льда начнут формироваться, они будут расти быстрее, формируя ледовую шугу, которая замерзая, начнет образовывать лед. Нагретая вода больше подвержена переохлаждению, так как при нагреве из нее выходят растворенные газы, пузырьки которых также являются центрами кристаллизации.

С холодной водой, которая не переохлаждается, дело обстоит немного иначе. Тонкий слой льда будет образовываться на поверхности воды. Он будет мешать дальнейшему испарению. Скорость формирования льда при этом будет значительно меньше. В эксперименте с горячей водой переохлажденная вода не имеет защитного поверхностного слоя льда, потому она теряет тепло намного интенсивней.

На ход эксперимента также значительное влияние оказывает конвекция, которая в горячей воде происходит значительно интенсивней из-за аномалии плотности воды. Максимальная плотность воды наблюдается при 4 °С. Если охладить воду до 4 °С и поместить ее в более низкую температуру, поверхностный слой воды замерзнет быстрее. Поскольку эта вода более легкая, чем вода при температуре 4 °С, она останется на поверхности, формируя тонкий холодный слой. При этом слой льда будет образовываться на поверхности достаточно быстро, но он же будет служить изолятором, защищающим нижние слои воды, которые будут оставаться при температуре 4 °С. Дальнейшее охлаждение будет происходить значительно медленнее. С нагретой водой все происходит иначе. Поверхностный слой воды будет охлаждаться намного быстрее из-за испарения и большей разницы температур. Холодные слои более плотные, чем слои горячей воды, будут опускаться вниз, поднимая слои теплой воды на поверхность. Такое перемешивание воды обеспечивает быстрое охлаждение.

Для объяснения парадокса Мпембы с помощью конвекции надо было бы предположить, что холодные и горячие слои воды разделены, и процесс конвекции идет и после того, как средняя температура воды опустится ниже 4 °С. Однако нет никаких данных, которые подтверждали бы это предположение [2].

Вода всегда содержит растворенные газы – кислород и углекислый газ. Они понижают точку замерзания воды. Если вода нагрета, эти газы выделяются из воды, поскольку их растворимость в воде при высокой температуре ниже. Поэтому, когда горячая вода охлаждается, в ней всегда меньше растворенных газов, чем в не нагретой холодной воде. Поэтому точка замерзания нагретой воды выше и она замерзает быстрее. Этот фактор иногда рассматривается как главный при объяснении парадокса Мпембы, но и он однозначно не находит подтверждения в ходе эксперимента.

Еще один принципиально важный момент, на который следует обратить внимание при постановке опыта – механизм теплопроводности. Если вода помещается в морозильник холодильной камеры, на которой намерз лед, то сосуд с горячей водой подтапливает под собой лед морозильной камеры, улучшая тем самым тепловой контакт со стенкой морозилки и теплопроводность. Из-за этого тепло отводится от контейнера с горячей водой быстрее, чем от холодного. В отличие от горячего, контейнер с холодной водой не подтапливает под собой лед. Данный механизм ускоренного замерзания горячей

воды следует отнести к некорректной постановке эксперимента. В корректно поставленном эксперименте между морозильной камерой и контейнером не должно быть «подушки» из снега или льда.

Все эти, а также другие условия изучались во многих опытах, но однозначного ответа на вопрос, какие из них обеспечивают полное воспроизведение эффекта Мпембы, так и не было получено [2; 4].

После изучения теории и возможных условий проведения эксперимента мной был произведен ряд опытов под наблюдением старших научных руководителей.

В самом первом случае замораживалась вода в обычной морозильной камере, стенки которой были очищены от снега и наледи. Использовались две пластиковые прозрачные чаши. Объем замораживаемой воды – 400 мл. Горячая вскипяченная вода была охлаждена до температуры 60 °С, холодная вода остужена до 15 °С. Через 50 мин после начала эксперимента на стенках чаши с холодной водой над ее поверхностью образовался иней, в противоположной чаше на стенках образовались капельки испарения. Через 60 мин поверхность холодной воды начала быстро покрываться льдом, а в чаше с горячей водой только начали заледеневать покрытые конденсатом стенки чаши. Только через 90 мин от начала эксперимента поверхность прежде горячей воды начала покрываться тонким слоем льда, когда холодная вода уже имела толстый слой льда на поверхности. На протяжении эксперимента можно было заметить некоторую разницу в характере замерзания воды: горячая вода замерзала не только от поверхности, но и от стенок сосуда; холодная вода замерзала преимущественно от поверхности. Уже через 145 мин после начала опыта степень заморозки приблизительно сровнялась, то есть горячая вода замерзала довольно быстро, однако все равно замерзла не раньше холодной. Полное замерзание произошло приблизительно через 220 мин, обе смеси заледенели почти одновременно.

В другом эксперименте замораживалась некипяченая вода с аналогичными показателями (400 мл каждого образца с температурами 60 °С и 15 °С соответственно). В результате наледь над холодной водой образовалась через 50 мин, когда стенки сосуда с горячей водой только начинали покрываться льдом из-за осевшего на них конденсата от испарения. Корочка льда над горячей водой начала появляться только через 90 мин. Полное замерзание произошло приблизительно через 220 мин, при этом обе смеси замерзли почти одновременно. Данный эксперимент похож на предыдущий, однако в этом случае не было замечено разницы в характере замерзания: обе воды замерзали преимущественно от поверхности.

Стоит отметить, что в результате этих двух опытов количество содержимого в чаше с горячей водой уменьшилось приблизительно на 30 мл после замерзания.

Последний опыт был проведен с дистиллированной водой объемом по 400 мл, нагретой до 60 °С (без кипячения) и 15 °С. Время замерзания полностью соответствует данным второго опыта. Характер замерзания также не изменился – обе смеси заледеневают преимущественно от поверхности.

Во всех опытах мной так и не был выявлен эффект Мпембы.

Утверждать пока можно только одно – воспроизводство этого эффекта существенно зависит от условий, в которых проводится эксперимент. Именно потому, что воспроизводится он далеко не всегда.

Данный опыт можно рассматривать как нестандартную экспериментальную задачу, похожую на нестандартную математическую задачу [1].

Список литературы

1. *Бегун Е. Н., Салищева О. Г.* Особенности обучения нестандартной математике. Возможности Интернет-пространства // Инновационные технологии в медиаобразовании: матер. III Всерос. науч.-практ. конфер. / отв. ред. А. И. Ходанович. СПб., 2015.
2. *Штейн Б. М.* Использование качественных прикладных задач при изучении физики в вузе // Материалы I гор. конфер. «Инновационные образовательные технологии». СПбГУКиТ, 19–20 марта 2009 г. СПб.: СПбГУКиТ, 2010.
3. *Ходанович А. И., Сорокина И. В., Соколов Д. А.* История физических задач в современной методике учебных исследований // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/119-14901>
4. *Ходанович А. И., Сорокина И. В., Соколов Д. А.* Парадоксальность физических представлений в истории и методологии науки // Инновационные технологии в медиаобразовании: материалы III Всерос. науч.-практ. конфер. / отв. ред. А. И. Ходанович. СПб., 2015.
5. Интересные факты о температуре / почему горячая вода замерзает быстрее, чем холодная. URL: http://www.temperatures.ru/articles/effect_mpembi (дата обращения: 05.04.2016).
6. *Дебаркадер Л. А.* Интересно о воде – эффект Мпембы. URL: <http://www.interesko.info/interesno-o-vode-effekt-mpemby> (дата обращения: 05.04.2016).
7. *Браунридж Д., Яворская О.* Эффект Мпембы: почему горячая вода замерзает быстрее, чем холодная. США, Нью-Йорк, 2010–2015. URL: <http://www.science.ua/2010/03/30/mpemba-effect-why-hot-water-can-freeze-faster-than-cold> (дата обращения: 07.04.2016).

Научные руководители: *Б. М. Штейн*, канд. пед. наук, доцент кафедры математики и физики СПбГИКиТ, *Д. А. Соколов*, ст. преподаватель кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 519.876.5

Н. Р. Морданов

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

СРЕДСТВА ВИРТУАЛЬНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОМЕЩЕНИЯ

В настоящее время общество развивается в условиях глобализации, информатизации и оптимизации, следовательно, любая сфера экономической деятельности должна стремиться к тому, чтобы оптимизировать свою деятельность путем повышения качества предоставляемых услуг [1; 3; 5]. Сфера деятельности, связанная с проектами в области акустики, сегодня остается достаточно консервативной, что подтверждается снижением количества исследований и научных публикаций. Однако она по-прежнему остается востребованной областью в связи с ростом отраслей, использующих готовые продукты и решения в области акустики [2; 5].

В частности, рост мобильности средств массовой информации привел к появлению множества кросс-платформенных приложений, позволяющих выдавать контент в эфир при минимальных затратах. Обратной стороной этой тенденции является снижение качества видео- и аудиоряда продукта. На наш взгляд, решением обозначенной выше проблемы является разработка программно-аппаратного комплекса виртуальной акустической обработки [4].

Сегодня традиционные методы акустической обработки всецело овладели рынком. Эта отрасль очень востребована, так как постоянно строятся новые здания, новые помещения, где необходима акустическая обработка; появляются все более современные материалы звукопоглощения/звукоизоляции, которые зачастую обладают более качественными характеристиками. Комплекс работ по акустической обработке помещений, в том числе подготовка проекта, остаются по-прежнему достаточно дорогостоящими. На реализацию проекта акустической обработки требуется иногда несколько месяцев, так как создание «идеальной» акустики в помещении является своего рода философией процесса.

Мы провели анализ литературы по акустической обработке помещений, который показал, что данная проблематика не рассматривается в настоящее время, несмотря на очевидную актуальность объекта исследования и его востребованность на рынке. В связи с чем мы предлагаем разработать программно-аппаратный комплекс, позволяющий осуществлять обработку поступающего звука «на лету», способный создавать эффект записи информации в акустически обработанном помещении.

Мы считаем, что применение программно-аппаратного комплекса виртуальной обработки помещения позволит сделать акустическую обработку не только быстрее, но и гораздо дешевле, в то же время качественно и практически с теми же характеристиками. Программно-аппаратный комплекс позволит задать необходимые параметры помещения, которые нам нужны, при этом убрать все «шероховатости» и сторонние шумы помещения, используя лишь программное обеспечение (прибор для измерений), и в реальном времени получить нужные нам характеристики и звук.

Структурная схема программно-аппаратного комплекса виртуальной акустической обработки представлена на рис. 1.

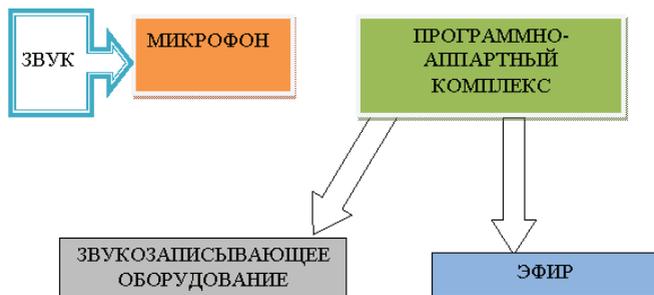


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса

Звук, принимаемый микрофоном, передается в основную часть, т. е. программно-аппаратный комплекс, который выполняет основную работу по обработке звука, в частности фильтрацию шумов, улучшение разборчивости речи, выравнивание громкости и т. д. На выходе готовый сигнал можно записывать на соответствующие носители или выдавать в эфир.

Наибольшую трудность на первом этапе разработки комплекса представляет программная часть, которая включает построение модели, разработку алгоритма, выбор языка программирования, составление программной оболочки с понятным юзабилити интерфейсом, требующим минимального взаимодействия человек–компьютер. На втором этапе необходимо определить не столько платформу, на которой будет базироваться программно-аппаратный комплекс, сколько способы миниатюризации. Процесс миниатюризации не менее важен, так как призван обеспечить максимальную мобильность комплекса, что обусловлено основным его назначением.

Миниатюризация комплекса возможна лишь с учетом решения дополнительных задач, в частности влагостойкости, способности сохранять работоспособность в различных погодных условиях, способности переносить транспортировку, следовательно, программно-аппаратный комплекс должен быть и противоударным. Решение этих и других задач позволит создать программно-аппаратный комплекс способный решать широкий круг проблем в рамках своей специализации.

Улучшение звучания речевых программ – одна из основных задач акустики. Звучание влияет как на понимание передаваемой информации, так и на комфортность прослушивания. В настоящее время требования к точности и качеству передачи речевых сигналов повышаются. Это связано как с развитием средств коммуникации, так и с необходимостью минимизации ошибок восприятия речевых команд по каналам связи.

На звучание речевых программ влияют множество факторов: уровень шумов в канале, уровень громкости полезного сигнала, частотный диапазон, передаваемый в канале и т. д. Одним из множества факторов, влияющих на звучание речевых программ, является процесс затухания звука после его окончания.

Сфера применения программно-аппаратного комплекса широка. Например, нам нужно срочно записать качественный звук в помещении, которое для этого не предназначено, скажем, превратить его в студию звукозаписи на несколько дней. Комплекс можно использовать в повседневной работе телерепортеров, которые снимают свои репортажи в разных условиях – когда бушует ветер, гремит общественный транспорт, мешают акустические свойства самого места съемки (эхо, гулкость, зашумленность) и т. д. Эти два примера подтверждают актуальность виртуальной обработки звука в реальном времени, так как любое средство массовой информации, любой журналист стремится не только к быстрому, но и к качественному результату [2].

Безусловно, такой вариант не в силах полностью заменить традиционные методы обработки, так как естественная акустика является эталоном, которому лишь подражает цифровой вид обработки. Но обработка звука «на лету» позволит повысить качество контента, записываемого и передаваемого в прямой эфир из нестационарной студии.

Список литературы

1. *Кондратьев А. С., Ходанович А. И.* Методы вычислительного эксперимента: учеб. прогр. и метод. рек. для студентов и слушателей всех форм обучения и специализации. СПб.: СПБИГО, 2002.
2. *Соколов Д. А., Ходанович А. И.* Программно-аппаратный комплекс мониторинга формирования информационно-правовой компетентности // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2012. № 147.
3. *Ходанович А. И.* Концептуально-методические аспекты информатизации общего физического образования на современном этапе: дис. ... д-ра пед. наук. СПб.: РГПУ им. А. И. Герцена, 2003.
4. *Ходанович А. И., Соколов Д. А., Сорокина И. В.* Компьютерные иллюстрации математических гипотез в интерактивной графике // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5.
5. *Ходанович А. И., Сорокина И. В., Соколов Д. А., Есаулова Е. Е.* Технологии мониторинга успешности студентов в интерактивной образовательной среде // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–8.

Научный руководитель: *Д. А. Соколов*, ст. преподаватель кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 534.87

А. И. Муравьева

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ГОЛОСА ЧЕЛОВЕКА

Человеческий голос – это представление любых звуков, которые выходят из гортани человека, независимо от социальной значимости и сложности звука (это может быть крик новорожденного или голос певца).

Голос – это совокупность разнообразных звуков, возникающих в результате колебаний воздуха в дыхательных путях человека и распространяющихся в виде волн во внешнюю среду. Голос является основой для формирования устной речи, которая представляет собой систему звуков, используемую для кодирования и передачи информации. Способность говорить имеет огромное значение не только для обмена информацией. Голос – это ценный дар природы, особенно если у человека есть талант для профессионального использования голоса (например, у певцов, актеров, конференсье, дикторов, пародистов-звукоподражателей и др.).

Голос делает речь не просто потоком информации, но позволяет нам регулировать ее доступность в широких пределах, главным образом, за счет изменения громкости (от шепота до крика). Голос придает речи выразительность, наполняет ее эмоциональным содержанием [1].

Как всякий звук, голос имеет определенные свойства: силу, или громкость; высоту, или частоту; тембр, или окраску; диапазон; вибрато. Рассмотрим эти характеристики.

1. Сила голоса (громкость) – это размах, амплитуда колебательных движений воздуха. Зависит от силы звуков, появляющихся в гортани и степени их усиления при прохождении по дыхательным путям (рис. 1).

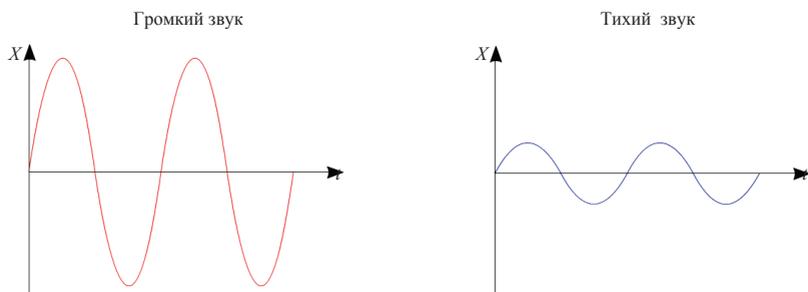


Рис. 1. Связь громкости и амплитуды колебаний

2. Высота голоса – это способность органов слуха человека воспринимать частоту колебания воздушной струи, которая прорывается через колеблющиеся голосовые складки гортани в процессе голосообразования. Она является важнейшим средством передачи смысловой и эмоциональной информации при речевом общении, а в пении приобретает способность выражать музыкальные мысли.

3. Тембр, или окраска, звука – важное выразительное качество голоса, особенно певческого голоса. Определяется как «светлый», «темный», «серебристый», «бархатный», «металлический», «мягкий» и др.

4. Диапазон голоса – объем тонов, которые могут быть воспроизведены голосом в пределах границ между самым низким и самым высоким звуком. Зависит от возраста, пола, природных данных, вокального образования, развития голосах [4] (рис. 2).

5. Вибрато – это периодические изменения высоты, силы и тембра определенного тона.

Управление высотой голоса – одно из наиболее значительных средств его выразительности. При разговорной речи высота голоса находится в пределах, требующих наименьшего напряжения голосовых связок: у мужчин – в тонах от «а» до «е», у женщин и детей – на октаву выше. Благодаря обилию

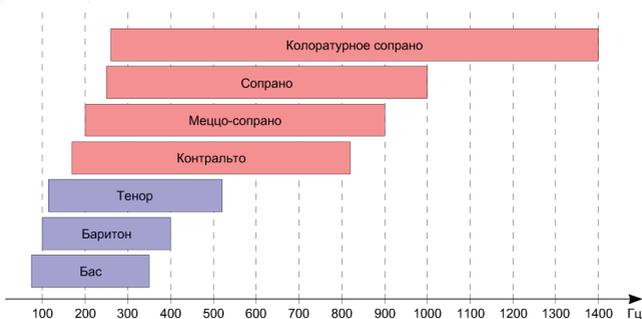


Рис. 2. Диапазоны частоты женских и мужских голосов

обертонов и быстрой смене высоты тона в разговорной речи иногда бывает трудно определить действительную высоту голоса.

Высота голоса создает мелодичность, т. е. движение голоса вверх и вниз. Эта мелодика тона окрашивает слово разнообразными оттенками: осуждения, разочарования, злости, презрения, ненависти, любви, восхищения и т. д. Эти оттенки передают все богатство речи, делают ее выразительной, эмоционально окрашенной, красивой.

Эталоном мощности звучания голоса всегда являлся голос. Поэтому все то, что связано с развитием голоса, рассматривается на примерах выдающихся певцов, хотя механизмы управления своим голосом одинаковы у всех людей. Известно, что целесообразнее всего понять законы любого явления, в том числе и законы управления голосом, на идеальной модели. Самым выдающимся и до сих пор не превзойденным является голос великого русского певца Федора Ивановича Шаляпина (1873–1938).

Первый метод настройки голоса: анатомическая составляющая голоса. Источником звука в голосе является наша бронхиальная система (рис. 3). Трахея – это низы, главные бронхи – средние звуки, а мелкие бронхи – высокие звуки. Умение настроить и распорядиться этой системой – святая святых всех самых выдающихся певцов. Источником звука являются не голосовые связки, а бронхи – грудной резонатор, или грудь. Вывод: надо говорить и петь грудью, а не горлом. Вывод простой, но как этого добиться? Мы знаем, что каждая функция в организме имеет свой материальный носитель – анатомическую составляющую.

Серьезная ошибка в объяснении природы носителя звука связана с неправильным пониманием роли ближайшего соседа гортани – трахеи. До гортани звук идет помимо нашей воли, этот звук обладает бесчисленными сокровищами, но на последнем отрезке своего пути он встречает препятствие в виде гортани. Как правило, все полагают: раз источник звука – голосовые связки, а они расположены в гортани, значит, для управления звуком надо учиться управлять гортанью (рис. 4).

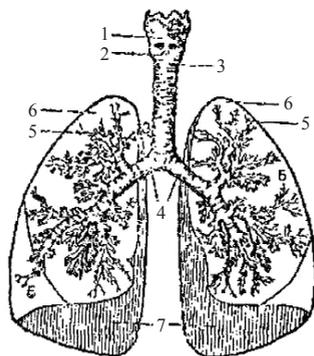


Рис. 3. Дыхательный аппарат:

- 1 – щитовидный хрящ; 2 – перстневидный хрящ; 3 – дыхательное горло (трахея);
4 – бронхи; 5 – конечные разветвления бронхиальных веточек; 6 – верхушки легких;
7 – основания легких

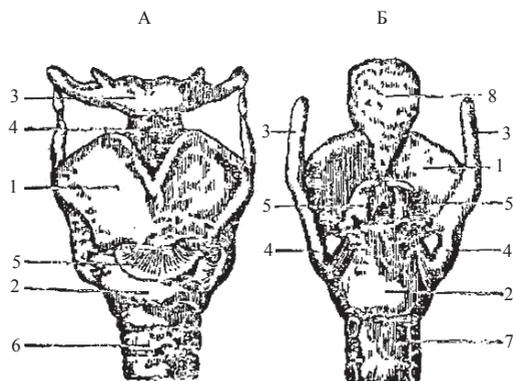


Рис. 4. Гортань:

А. Гортань спереди: 1 – щитовидный хрящ; 2 – перстневидный хрящ; 3 – подъязычная кость; 4 – средняя щитоподъязычная связка (соединяющая щитовидный хрящ с подъязычной костью); 5 – средняя перстнещитовидная связка; 6 – трахея.

Б. Гортань сзади: 1 – щитовидный хрящ; 2 – перстневидный хрящ; 3 – верхние рога щитовидного хряща; 4 – нижние рога щитовидного хряща; 5 – черпаловидные хрящи; 6 – надгортанник; 7 – перепончатая (задняя) часть трахеи

Некоторые драматические артисты и певцы к извлечению звука из глубины организма, т. е. из бронхов, пришли эмпирически – гортань (горло) они сделали только проводником звука. Вот этому-то и надо научиться – отключать горло от голоса, т. е. сделать его только проводником. Иначе говоря, из трахеи и гортани необходимо образовать составную трубу, своего рода раструб, нижняя часть которого – источник звука, а верхняя, наподобие воронки – его проводник. Те, кто наблюдали поющего Шаляпина, отмечали, что не могли «отделаться от представления об этом огромном поющем раструбе». Чтобы этот раструб заработал, необходимо опустить вниз гортань и увеличить пространство, соединяющее гортань и трахею. Самый близкий аналог – блок-флейта. Музыкант соединяет два или более блоков, и инструмент звучит как одно целое. Это и необходимо делать.

Еще раз заостряю внимание на прямой зависимости качества голоса от качества соединения гортани с трахеей (открытие «второго рта»). Природа сама начнет помогать восстанавливать то, чем люди уже обладали от рождения. Сказанное выше известно очень малому кругу специалистов и, на мой взгляд, является одним из главных «профессиональных секретов» людей с хорошо поставленным голосом. Как при закрытой крышке рояля невозможно на нем играть, так нельзя говорить и о каких-либо дальнейших достижениях в настройке голоса, если нет необходимого соединения между гортанью и трахеей – иначе говоря, если не открыт «второй рот» (пространство между корнем языка и стенкой гортани) [2].

Второй метод настройки голоса: малое дыхание. Итак, человеческий голос порождается воздухом, находящимся в бронхиальной системе, с по-

мощью мембранозной части трахеи, которая приводится в колебательное состояние гладкой мышечной тканью, регулируемой вегетативной нервной системой, управляемой центральной нервной системой. Возникший в бронхиальной системе звук в голосовой щели модулируется (преобразуется), т. е. механизм раскрытия и закрытия голосовой щели с помощью голосовых связок (складок) задает звуку частотную характеристику.

Дыхание – главная функция организма, обеспечивающая выживание индивида, т. е. одного представителя вида. Пять минут без дыхания – и человека нет. Голос – это, прежде всего, функция выживания всего вида. В самом деле, каким образом вид или популяция строят стратегию выживания? Прежде всего с помощью звуковых сигналов. Например, оповещение об опасности: сигнал одного индивида спасает остальных представителей популяции. Итак, голос и дыхание природа соединила в одном органе, в очередной раз доказав свою мудрость. Она, по сути, дала главную подсказку: голос той же природы, что и дыхание. Повторим, что природа совместила две самые сокровенные функции в одном органе, как бы свидетельствуя об огромной важности голосовой функции, ее надежности, долговечности и зависимости от законов дыхания [3].

Задача состоит в том, чтобы попытаться помочь тем людям, которые хотят вернуть свой голос, и тем, у кого он есть, но они хотели бы изменить высоту голоса в определенных пределах. В рамках дипломной работы необходимо разработать такую программу, которая будет соответствовать трем критериям:

- 1) она должна различать, какой звук подан (согласный или гласный);
- 2) необходимо перенести и расширить спектр;
- 3) так как уровень гласного звука достаточно большой, то нужно сжать спектр.

Такую программу будем создавать в математической среде MATLAB и SIMULINK.

Научный руководитель: *В. К. Уваров*, доцент кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 681.842

А. И. Устинова
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ГОЛОВНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ

В соответствии с международными стандартами IEC 268–7, 581–10, 268–13 телефоном называется электроакустический преобразователь, при помощи которого электрические сигналы преобразуются в акустические колебания, предназначенный для работы в условиях акустической связи с ухом. Головным телефоном (ГТ) называется один или два телефона на оголовье [1].

В данной работе рассматриваются электродинамические ГТ. Их название обусловлено типом электромеханического преобразователя. Основным физическим законом работы преобразователя является закон Ампера, который говорит о том, что на проводник с током, помещенный в однородное магнитное поле, действует сила, пропорциональная силе тока и индукции магнитного поля. Конструктивно электродинамический ГТ подобен электродинамическому громкоговорителю и представляет собой излучатель или мембрану, к которой прикреплена катушка с проводом, находящаяся в магнитном поле постоянного магнита.

Однако основным отличием телефона от громкоговорителя является то, что он не предназначен для излучения звука в открытую окружающую среду и используется только при нагрузке на ухо. Это требует специфических методов проектирования ГТ, а также измерения и оценки параметров.

ГТ можно классифицировать по различным признакам: по типу преобразователя, по количеству каналов, по области применения, по положению на ушах, по типу акустической нагрузки, по типу канала передачи [2].

Электродинамические телефоны также можно классифицировать по сопротивлению: низкоомные (от единиц до десятков Ом) и высокоомные (несколько сотен Ом). Для профессиональных моделей диапазон значений лежит в пределах 200–600 Ом, поэтому при высокой чувствительности они могут звучать тише, чем ожидалось. Однако высокий импеданс также является причиной неравномерности амплитудно-частотной характеристики самого излучателя.

Электродинамические преобразователи делятся на катушечные (цилиндрическая катушка находится в воздушном зазоре магнитной системы), ортодинамические и изодинамические. Особенностью последних двух типов является то, что проводник, по которому протекает ток звуковой частоты, нанесен почти на всю поверхность натянутой мембраны, расположенной между двумя плоскими магнитами. Поэтому сила, действующая на мембрану, распределяется равномерно по всей поверхности, что обеспечивает синфазность ее колебаний [1].

Основные паспортные параметры электродинамических ГТ:

- диапазон воспроизводимых частот от 20 Гц до 20 кГц;
- чувствительность 90–110 дБ/мВт;
- предельный уровень звукового давления 120–130 дБ;
- коэффициент гармоник 0,1–0,01;
- максимальная мощность около 1000 мВт;
- номинальная мощность около 100 мВт.

Для увеличения чувствительности ГТ сейчас применяют постоянные магниты из редкоземельных сплавов или неомакса, обладающие магнитной энергией на порядок выше обычных магнитов, что дает высокую магнитную индукцию при меньших габаритах. Мембраны изготавливают из особых полимерных пленок, обладающих высокой прочностью и гибкостью [3].

В настоящее время электродинамические телефоны являются самым распространенным видом ГТ благодаря простому конструктивному исполнению и относительной дешевизне материалов. При этом они обладают неидеальными параметрами и не самой равномерной амплитудно-частотной характеристикой, но современные инженеры работают над этим вопросом и у электродинамических ГТ большое будущее.

Список литературы

1. Ковалгин Ю. А., Вологдин Э. А. Электроакустика и звуковое вещание. М.: Горячая линия–телеком, радио и связь, 2007.
2. Вахитов Ш. Я., Вахитов Я. Ш. Микрофоны. Телефоны. Гарнитур. Теория, расчет, конструирование, эксплуатация. СПб.: СПбГУКиТ, 2010.
3. Вахитов Ш. Я., Ковалгин Ю. А., Фадеев А. А., Щевьев Ю. П. Акустика. М.: Горячая линия–телеком, радио и связь, 2009.

Научный руководитель: Ш. Я. Вахитов, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 538.958

А. С. Шашкина

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

МИКРОПЛАЗМЕННЫЙ ШУМ: НОВЫЕ СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ

Светодиод, как и любой p - n -переход, пропускает ток в прямом направлении, а в случае приложения к нему обратного напряжения может перейти в режим пробоя. В этом режиме при небольшом изменении обратного напряжения ток резко возрастает. Как известно, пробой бывает электрический и тепловой. Электрический пробой является обратимым, т. е. при повторной подаче на светодиод напряжения в прямом направлении электролюминесценция сохраняется.

Электрические пробои также делятся на две группы: туннельные и лавинные. Туннельный пробой происходит в очень тонких, сильнолегированных, даже вырожденных слоях полупроводников, при высоком значении напряженности электрического поля. В таком состоянии энергия валентных электронов повышается и они просачиваются сквозь тонкий потенциальный барьер. В сильнолегированных переходах температурная зависимость напряжения пробоя определяется температурной зависимостью ширины запрещенной зоны, которая уменьшается с увеличением температуры. При уменьшении ширины запрещенной зоны вероятность туннелирования возрастает. Напряжение пробоя светодиода падает.

Однако в подавляющем большинстве светодиодов имеет место лавинный пробой. Механизм лавинного пробоя принято описывать с помощью явления ударной ионизации.

Под действием сильного электрического поля неосновные носители зарядов ускоряются и могут набрать такую большую энергию, что при соударении с атомами кристаллической решетки происходит ионизация атомов. Рождающиеся при ионизации электроны и дырки сами начинают ускоряться и рождают другие пары, таким образом процесс приобретает характер лавины. Для того чтобы лавинный процесс развивался, необходимо, чтобы p - n -переход был шире, чем длина свободного пробега носителей. При увеличении температуры возрастают колебания атомов в узлах кристалли-

ческой решетки, следовательно, длина свободного пробега уменьшается. В этом случае, для того чтобы носитель на длине свободного пробега приобрел энергию, достаточную для ионизации атомов, потребуется большая напряженность электрического поля, т. е. увеличение приложенного напряжения. Таким образом, с ростом температуры напряжение пробоя увеличивается [1; 2].

Характер пробоя конкретных светодиодов был определен экспериментально с помощью нагрева. Для лавинного пробоя характерно смещение кривой вольт-амперной характеристики (ВАХ) в сторону высоких обратных напряжений при повышении температуры. Итак, было выявлено, что в большинстве светодиодов реализуется лавинный пробой, причем микроплазменного типа [2]. Поясним подробнее.

Чаще всего пробой начинается вблизи дефектов кристалла, т. е. дислокаций, включений второй фазы, неоднородностей в распределении легирующих примесей. Вблизи дислокации имеются области сжатия и расширения кристаллической решетки, что влияет на ширину запрещенной зоны. Например, в арсениде галлия в области растяжения решетки происходит уменьшение ширины запрещенной зоны и, значит, локальное увеличение коэффициентов ударной ионизации [1]. Кроме того, дислокации имеют свойство окружать себя примесями. Концентрация примесей вблизи дислокации увеличивает число носителей заряда и уменьшает эффективную толщину обедненного слоя. Сопrotивление p-n-перехода уменьшается, что приводит к локальному уменьшению напряжения пробоя. Такие локальные области пробоя и получили название микроплазм. Ток, протекающий через каждую микроплазму, носит характер коротких импульсов, появляющихся и исчезающих в случайные моменты времени [3].

Наибольший интерес представляет режим, когда светодиод полностью не пробился, но небольшой (шумовой) ток в виде импульсов через p-n-переход уже течет. С дальнейшим увеличением напряжения амплитуда импульсов растет в зависимости от количества включенных микроплазм, а близко расположенные импульсы сливаются и паузы между ними сокращаются. Это продолжается до тех пор, пока через светодиод, включенный в обратном направлении, не начинает течь практически постоянный ток.

Для исследования пробоя светодиода была сконструирована установка. В результате анализа эмпирических данных выявлены следующие особенности [2]:

- длительность интервалов между импульсами отличается до нескольких десятков раз и имеет случайный характер;
- ряды импульсов обладают свойством фрактальности.

Фракталами называются объекты, имеющие сильно изрезанную, нерегулярную структуру и обладающие свойством самоподобия. Характерным проявлением самоподобия является масштабная инвариантность, т. е. неизменность структуры (формы) объекта при изменении масштаба.

Как известно, фрактальность бывает пространственной и временной. Фрактальные временные ряды возникают, в частности, при измерениях различных естественных процессов: солнечной активности, уровня разливов рек, шумов электронных приборов, геофизической и геомагнитной активности, физиологических характеристик организма человека и т. д.

В качестве критерия оценки фрактальности исследуемого временного ряда нами было выбрано вычисление фрактальной размерности типа Хаусдорфа [4].

Размерность определяется как отношение меры к размеру:

$$D = \frac{M}{L}.$$

Поясним на примере. Пусть d – обычная Евклидова размерность пространства, в котором находится фрактальный объект ($d=1$ – линия, $d=2$ – плоскость, $d=3$ – трехмерное пространство). Покроем теперь этот объект целиком d -мерными «шарами» радиуса r . Предположим, что потребовалось для этого не менее $N(r)$ шаров. Тогда, если при достаточно малых r величина меняется с r по степенному закону $N(r) \sim 1/r^D$, то D – есть размерность Хаусдорфа, или фрактальная размерность данного объекта [5].

Также размерность можно представить в виде [5]

$$D = -\lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln N(r)}{\ln r}.$$

Применительно к нашему алгоритму: если при уменьшении размера фигуры в N раз, оказалось, что она укладывается в исходной n раз (ее мера уменьшилась в n раз), то размерность можно вычислить по формуле [4]:

$$D = \frac{\ln(n)}{\ln(N)}.$$

Выяснилось, что микроплазменный шум обладает фрактальными свойствами, степень выраженности которых можно менять с помощью обратного напряжения [2].

В настоящее время фрактальные сигналы применяются в различных областях науки и техники, например в радиодиагностической аппаратуре, в радиосистемах различного назначения. Предполагаемая область применения для нашего фрактального сигнала – системы связи, в которых этот сигнал можно использовать для формирования широкополосного помехозащищенного несущего колебания.

Список литературы

1. Грехов И. В., Сережкин Ю. Н. Лавинный пробой p - n -перехода в полупроводниках. Л.: Энергия, 1980.
2. Воротков М. В., Скворцов Н. Н., Шапкина А. С. Фрактальные свойства микроплазменного шума // Инновационные технологии в медиаобразовании: матер. III Всероссий. науч.-практ. конф., 27–28 марта 2015 г. Вып 3. СПб.: СПбГИКиТ, 2015.
3. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов. М.: Физмалит, 2008.
4. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991.
5. Короленко П. В., Маганова М. С., Меснянкин А. В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы, вейвлет-преобразования: учеб. пособие. М.: МГУ, 2004.

Научный руководитель: *Н. Н. Скворцов*, канд. техн. наук, доцент кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

ЧАСТОТНЫЙ ШУМОПОДАВИТЕЛЬ

Звук – явление, всегда присутствовавшее на земле, с момента образования атмосферы. Для нас звук играет огромную роль, прежде всего информативную. Причем часто от достоверности и своевременности получения информации, содержащейся в речевом сигнале, зависят жизнь и здоровье людей (например, при передаче оповещений и речевых команд в транспорте, на промышленных предприятиях, при проведении спасательных операций и т. п.). В таких сферах деятельности высокий уровень шумов является характерной особенностью, что в значительной степени уменьшает разборчивость речи, зависящей от уровня и спектрального состава акустических помех. Шумы особенно заметны в паузах, где они не маскируются полезным сигналом.

В настоящее время для решения указанной проблемы широко применяются различные системы очистки: амплитудные и спектральные шумоподавители, компрессоры, фильтры [2]. Все вышеописанные системы имеют индивидуальные недостатки, которые препятствуют их использованию. Но есть у них и общий недостаток – инерционность срабатывания. Это приводит к тому, что невозможно обесшумливать короткие паузы, а также возникают специфические искажения: подавление начал и концов фраз, эффект «модуляции» и «дыхание шума». Допустимые искажения полезного сигнала определяются на слух оператором, что также является недостатком [2].

Таким образом, разработка нового метода обработки речевых сигналов, позволяющего в реальном масштабе времени повысить разборчивость речи, воспринимаемой на фоне акустических помех, является актуальной проблемой. В качестве решения этой проблемы разрабатываются безынерционные способы, основанные на обработке модулирующих функций входного сигнала.

В данной статье представлен способ частотного шумоподавления с использованием мгновенной частоты сигнала. Это направление является новым, что связано с особенностью мгновенной частоты суммы полезного сигнала и шума принимать не только бесконечно большие, но и отрицательные значения. Данное свойство делало невозможным создание аппаратуры с использованием мгновенной частоты в качестве сигнала управления.

Частотный шумоподавитель с использованием мгновенной частоты сигнала. Структурная схема шумоподавителя строится на основе теории модуляционного анализа-синтеза. Выбор данной теории в качестве базы обусловлен необходимостью создания безынерционного устройства, устраняющего шум в паузах длительностью менее 1 мс.

Мгновенная частота $\omega(t)$ определяет скорость изменения текущей фазы сигнала в каждый момент времени. В теории модуляционного анализа-синтеза мгновенная частота определена для пары сигналов. Один (исходный) представляет собой саму функцию

$$s_{\text{вх}}(t) = S(t) \cos \int_0^t \omega(t) dt. \quad (1)$$

Второй сигнал (опорный) необходимо ввести с помощью определенных правил [3]. Критерием выбора является то, что вспомогательный сигнал не должен отличаться на слух от исходного, так как конечный продукт обработки предназначен для слухового восприятия. Такой сигнал можно получить из исходного с помощью преобразования Гильберта:

$$\hat{s}(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} d\tau. \quad (2)$$

Таким образом, уравнение (2), необходимое для определения мгновенной частоты, примет вид

$$\hat{s}(t) = S(t) \sin \int_0^t \omega(t) dt. \quad (3)$$

Спектр вспомогательного сигнала отличается от спектра исходного сигнала сдвигом фаз всех спектральных составляющих на 90° .

Уравнения (1) и (3) принято объединять в форме комплексного сигнала:

$$s_a(t) = s(t) + j\hat{s}(t). \quad (4)$$

На рис. 1 показаны осциллограммы звукового сигнала, смешанного с шумом, и его мгновенной частоты. Видно, что мгновенная частота представляет собой быстро меняющуюся функцию с большой амплитудой. Величина отклонений амплитуды может достигать сколь угодно больших, даже отрицательных значений [3]. На рис. 1 также хорошо видно, что мгновенная частота во время паузы, заполненной шумом, меняется быстрее и имеет большее по количеству и величине число пиков, чем во время звучания полезного сигнала. Это свойство мгновенной частоты и будет в дальнейшем использовано для того, чтобы различать шумовой и полезный сигналы.

Для получения необходимой амплитудной характеристики на выходе устройства необходимо, чтобы мгновенная частота отвечала следующим требованиям:

1) огибающая выходного сигнала порогового шумоподавителя должна совпадать с огибающей исходного сигнала, если мгновенная частота принимает значения ниже частоты порога шумопонижения;

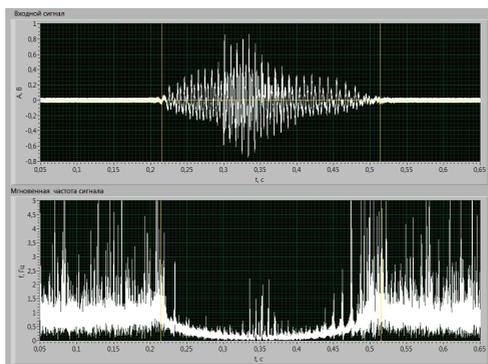


Рис. 1. Звуковой сигнал и его мгновенная частота

2) при значениях мгновенной частоты выше порога шумопонижения значения амплитудной характеристики должны стремиться к нулю.

Математическая модель выходного сигнала согласно выдвинутым требованиям:

$$s_{\text{вых}}(t) = \begin{cases} S(t) \cos \int_0^t \omega(t) dt, & \text{при } \omega(t) \leq \omega_{\text{пор}}; \\ 0, & \text{при } \omega(t) > \omega_{\text{пор}}. \end{cases} \quad (5)$$

Частота колебаний представляет собой величину, обратную времени, затраченному на одно колебание, поэтому она может быть определена только тогда, когда цикл колебаний завершен. На практике также используется понятие циклической частоты колебаний, усредненной за известный интервал времени. Мгновенная же частота определена в каждый момент времени значениями пары сигналов $s(t)$, $\hat{s}(t)$ и не требует дополнительного времени на завершение колебания и усреднение.

Для определения модулирующей функции используем однополосную модуляцию. Возможность ее применения объясняется тем, что при транспонировании сигнала вверх по частотному диапазону мгновенная частота не изменяется, а сигнал становится узкополосным (полоса частот сигнала становится много меньше несущей частоты). Это позволяет выделить мгновенную частоту радиотехническим способом с помощью частотного детектора.

Рассмотрим принцип действия частотного шумоподавителя (рис. 2).

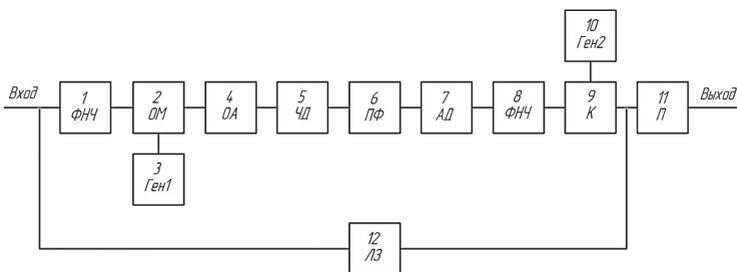


Рис. 2. Структурная схема безынерционного шумоподавителя:

- 1 – фильтр низких частот; 2 – однополосный модулятор; 3 – генератор несущего колебания; 4 – ограничитель амплитуды; 5 – частотный детектор; 6 – полосовой фильтр; 7 – амплитудный детектор; 8 – фильтр нижних частот; 9 – двухпортовый компаратор; 10 – генератор опорного напряжения; 11 – перемножитель; 12 – линия задержки; 13 – линия задержки

Входной широкополосный сигнал поступает на вход фильтра низких частот (ФНЧ). Им выделяется полоса 0–20 кГц. Это позволяет убрать из исходного звукового сигнала высокочастотные шумы. Обработанный таким образом сигнал подается на вход демодулятора мгновенной частоты (рис. 3).

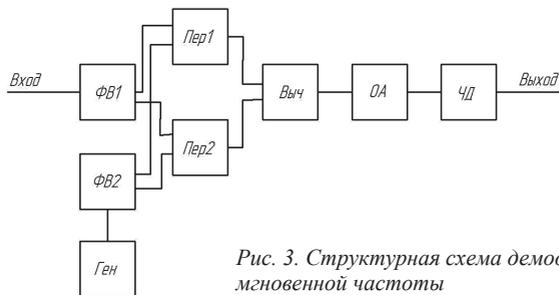


Рис. 3. Структурная схема демодулятора мгновенной частоты

Выделение модулирующей функции происходит с помощью однополосной модуляции. На выходе фазовращателя ФВ1 формируются два сопряженных, по Гильберту, сигнала:

$$s(t) = S(t) \cos \int_0^t \omega(t) dt \quad (6)$$

и

$$\hat{s}(t) = S(t) \sin \int_0^t \omega(t) dt, \quad (7)$$

каждый из которых поступает на один из входов перемножителя. На второй вход перемножителя поступает соответствующий гармонический сигнал, сформированный генератором Ген и фазовращателем ФВ₂:

$$s_1(t) = \cos \omega_{Ген} \quad (8)$$

и

$$s_2(t) = \sin \omega_{Ген} \quad (9)$$

При этом частота для звука составляет около 200 кГц. С помощью вычитателя Выч формируется узкополосный сигнал:

$$s_{пер1}(t) = S(t) \cos \int_0^t \omega(t) dt \cos \omega_{Ген} - S(t) \sin \int_0^t \omega(t) dt \sin \omega_{Ген} = \\ = S(t) \cos \int_0^t [\omega_{Ген} + \omega(t)] dt. \quad (10)$$

Для правильного выделения мгновенной частоты частотным детектором ЧД на его вход должно поступать колебание постоянной амплитуды. Для этого перед ним включен ограничитель амплитуды ОА.

$$s_{ОА}(t) = V_{ОА} \cos \int_0^t [\omega_{Ген} + \omega(t)] dt, \text{ при } S(t) \geq U_{ОА}, \quad (11)$$

где $U_{ОА}$ – амплитуда ограниченного сигнала. На выходе ЧД, являющегося выходом демодулятора мгновенной частоты, получаем напряжение, пропорциональное искомой модулирующей функции.

С выхода частотного детектора мгновенная частота поступает на вход полосового фильтра ПФ. Он служит для выделения колебаний мгновенной частоты, лежащих выше диапазона частот входного сигнала. Выходной сигнал ПФ детектируется с помощью амплитудного детектора АД и поступает на вход ФНЧ, который выделяет из поступившей на вход огибающей мгно-

венной частоты низкочастотную составляющую. Ширина полосы пропускания фильтра определяет скорость срабатывания устройства.

Полученный сигнал поступает на один из входов сравнивающего элемента – компаратора. На второй вход от генератора Gen поступает регулируемое пороговое напряжение $U_{пор}$, пропорциональное частоте $\omega_{пор}$, которое задает необходимый порог шумопонижения:

$$s_{сэ}(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } \omega(t) \leq \omega_{пор}; \\ 0, & \text{при } \omega(t) > \omega_{пор}. \end{cases} \quad (12)$$

Результат сравнения поступает на один из входов конечного перемножителя $Пер$. На другой подается задержанный с помощью линии задержки $ЛЗ$ входной сигнал. При превышении напряжения на выходе $ФНЧ$ порога шумопонижения, на выходе сравнивающего элемента формируется «1» и уровень входного сигнала не уменьшается. В противном случае в сравнивающем элементе формируется «0», вследствие чего на выходе перемножителя сигнал отсутствует [4].

Такое устройство будет создаваться в среде LabVIEW.

Таким образом, был описан новый метод обработки речевых сигналов и смоделировано устройство, позволяющее в реальном масштабе времени повысить разборчивость речи, воспринимаемой на фоне акустических помех.

Список литературы

1. *Выходец А. В., Жмурин П. М., Зорин И. Ф.* и др. Звуковое вещание: справочник / под ред. Ю. А. Ковалгина. М.: Радио и связь, 1993.
2. *Кудрин И. Г.* Устройства шумоподавления в звукозаписи. М.: Энергия, 1977.
3. *Ишуткин Ю. М., Уваров В. К.* Основы модуляционных преобразований звуковых сигналов: монография. СПб.: СПбГУКиТ, 2004.
4. Патент России на изобретение № 2474956 «Способ и устройство шумопонижения звуковых сигналов». URL: <http://ru-patent.info/24/74/2474956.html> (дата обращения: 09.04.2016).

Научный руководитель: *В. К. Уваров*, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики.

УДК 004.934

Т. Алешин

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

СВЯЗЬ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭМОЦИОНАЛЬНО ОКРАШЕННОЙ РЕЧИ С ФУНКЦИЯМИ МОДУЛЯЦИОННОЙ ТЕОРИИ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Сегодня во многих сферах деятельности человека активно применяются компьютерные технологии. Данные технологии развиваются бурно, каждый год появляются новые методы и способы их применения, задачи усложняются и требуют все больших вычислительных мощностей.

Среди огромных вариантов применения компьютерных технологий, существует проблема взаимодействия машины и человека – это так называемый перцепционный компьютеринг, т. е. управление вычислительной машиной при помощи органов чувств человека. Известно множество алгоритмов управления компьютером: при помощи жестов, голоса и т. д. Существует множество программ распознавания голоса и речи. Эти программы распознают вербальную часть речи, но существуют еще и невербальные признаки речевого сигнала, по которым также можно получить информацию о человеке (тембр, интонации, громкость голоса). По этой информации, улавливаемой слуховым аппаратом, человек определяет как физическое, так и эмоциональное состояние говорящего.

Таким образом, легко понять, что в речи человека есть акустические признаки, по которым можно определить его состояние. Выявлено множество признаков в речевом сигнале, по которым можно определить эмоциональный окрас речи [1]. В [2] были предложены новые признаки, которые также могут использоваться для решения данной проблемы: это огибающая сигнала и его мгновенная частота, получаемые по принципам, изложенным в модуляционной теории анализа-синтеза звуковых сигналов.

Огибающей (амплитудной модулирующей функцией) пары сигналов, сопряженных по Гильберту $\{s, s_1\}$, называют неотрицательную функцию времени [3]:

$$S_m(t) = [(s^2 + s_1^2)^{0.5}]. \quad (1)$$

Мгновенной частотой (частотной модулирующей функцией) пары сигналов $\{s, s_1\}$ называют производную от текущей фазы:

$$\omega(t) = \varphi(t) = \frac{d}{dt} \arctg \frac{s_1(t)}{s(t)} = \frac{ss'_1 - s'_1s}{s^2 + s_1^2}, \quad (2)$$

Психологи [4] выделяют шесть основных типов эмоций: гнев, печаль, счастье, презрение, отвращение и страх. Отдельным типом считается нейтральная эмоция. Все остальные эмоциональные окрасы являются комбинацией этих эмоциональных типов. Таким образом, человек может различать эти состояния.

Множество исследований по психологии показывают, что эмоциональные реакции на внешние воздействия являются физиологической особенностью человеческого организма. Независимо от национальности и языка общения человек может различать по речи и мимике эмоциональное состояние другого человека. В связи с этим уместно проводить исследования общих признаков речи всех языковых групп, независимо от особенностей произношения.

Любопытно, что все представленные типы эмоций человек различает и с достаточно высокой точностью может их распознать как по мимике лица, так и по голосу.

Рассмотрим акустические параметры человеческой речи с эмоциональным окрасом и соотнесем их с характеристиками огибающей сигналов или их мгновенной частоты.

В работе [5] обозначены признаки, по которым можно определить эмоциональный окрас речи на слух «...Общие результаты, полученные в процессе изучения речи и пения, показывают, что основными акустическими средствами передачи эмоциональной информации являются:

- тембр голоса, т. е. динамический спектр звука;
- изменение высоты голоса во времени, т. е. мелодика речи;
- энергетические характеристики звукового сигнала и их изменение во времени;
- темпо-ритмические особенности речи;
- индивидуальные особенности произношения...».

Эти акустические средства соответствуют следующим параметрам сигнала в модуляционной теории:

- форма и время атаки и затухания огибающей сигнала;
- спектральная картина гармоник мгновенной частоты;
- изменение амплитуды огибающей сигнала;
- изменение амплитуды огибающей сигнала и мгновенной частоты.

Рассмотрим акустические параметры, характерные для речи того или иного эмоционального окраса, ориентируясь на исследование И. А. Алдошиной «Основы психоакустики» [5].

«... При сильном стрессе (горе, ярости, страхе и др.) меняется тембр голоса (вплоть до его полного пропадания), ритм, темп и интонация речи...»

Измерения основных акустических характеристик речевого сигнала при выражении различных эмоций с помощью анализа спектрограмм, записанных в основном при чтении текстов актерами с различным эмоциональным содержанием, позволило выявить следующие основные закономерности.

- Важнейшим средством выражения эмоциональной информации является динамика изменения основной частоты фонации. В европейских языках она не носит смысло-различительного характера, смысл слова от частоты фонации не зависит, одно и то же слово, произнесенное в низком и высоком регистре, сохраняет свой смысл. Однако в ряде языков, например в китайском, высота имеет смысло-различительную функцию. При этом изменения частоты фонации имеют принципиальное значение для выражения эмоций: результаты измерений сдвигов частоты фонации при разных видах эмоций для речи трех актеров, произносивших тексты с разным эмоциональным содержанием, показаны на рис. 1. Общие выводы из измерений могут быть сделаны следующие: среднее значение частоты фонации поднимается в радости и понижается в печали. Величина среднего значения частоты фонации для печали ниже всего, затем следуют по мере подъема средней частоты нейтральная эмоция, страх, ярость. Например, как следует из показанных результатов, если частота фонации при нейтральной речи была 120 Гц, то при печали она снижается до 100 Гц, при ярости поднимается до 200 Гц. Кроме того, меняется и характер изменения частоты фонации – при нейтральной речи изменение частоты во время фразы плавное, при ярости имеются высокие отдельные пики, при страхе – быстрые всплески и спады, резкие контрасты. Существенно меняется динамика изменения частоты фонации: при печали происходит ее плавное уменьшение, при страхе – резкие контрасты, быстрые увеличения и спады, при ярости появляются резкие пики в изменении частоты. Вариации в изменении частоты наименьшие для печали и наибольшие для страха (рис. 1).

- Темпо-ритмические характеристики речи также существенно изменяются: длина предложения удлиняется при печали и горе, при этом изменяется длина произнесения отдельных (даже согласных) звуков. Число звуков в секунду: 4,3 для нейтральной речи; 4,2 – для ярости; 3,8 – для страха;

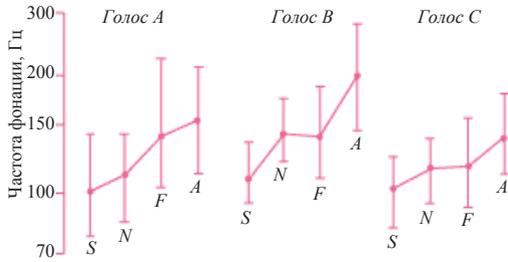


Рис. 1. Сдвиг частоты фонации при разных эмоциональных состояниях (*sorrow* – печаль, *neutral* – нейтраль, *fear* – страх, *anger* – гнев)

1,75–1,9 – для печали. Нужно отметить, что изменение среднего темпа речи связано и с возрастными изменениями: в группе 17–25 лет – 3,5 слога в секунду, в группе 38–45 лет – 3,44, в группе старше 75 лет – 2,25 слога. Таким образом, этот параметр несет информацию не только об эмоциональном состоянии, но и о возрасте говорящего.

- Нарушается стабильность речи, сильные флюктуации основной частоты фонации не сохраняют четкой связи с обертоновым содержанием.

- Долговременный среднестатистический спектр, содержащий информацию о количестве обертонов в спектре, изменяется. На рис. 2 показано, что наибольшее число обертонов в спектре имеется в ярости и наименьшее в печали (голос слаб и надтреснут). Кроме того, при ярости первая форманта имеет наивысшее значение. По-видимому, ярость связана с более высоким подглоточным давлением и соответственно с более высокой активностью мышц сведения, при этом связки смыкаются более быстро в каждом цикле и количество обертонов возрастает. При печали происходит обратный процесс.

Следует отметить, что вышеуказанные результаты были получены с помощью актеров, читавших тексты с разным эмоциональным содержанием,

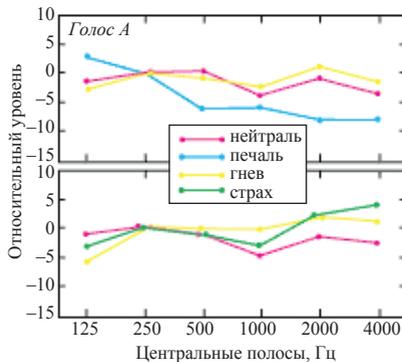


Рис. 2. Долговременный статистический спектр для речи с разным эмоциональным содержанием

однако способы выражения ими эмоций могут несколько отличаться от реальных...».

По итогам данного исследования были получены следующие результаты по изменению акустических характеристик при различных видах эмоций в речи:

- «гнев» – частота фонации почти на пол-октавы выше, чем при нейтральной речи, некоторые звуки сильно подчеркнуты с резким увеличением частоты фонации и иногда первой форманты, артикуляция очень отчетливая;
- «страх» – частота фонации ниже по сравнению с «гневом», содержит резкие пики и иррегулярности, артикуляция более определенная, чем при «нейтральи»;
- «печаль» – малые вариации в частоте фонации, артикуляция медленная, гласные, согласные и паузы долгие, иррегулярности и охриплости в голосе. Частота фонации монотонно спадает в конце фразы, иногда присутствует тремор;
- «нейтраль» – темп речи быстрее, чем в вышеуказанных случаях, согласные иногда нечеткие, но гласные выделены четко.

Особенностью кодирования эмоциональной информации в речи является взаимодействие различных акустических средств, т. е. не только изменение спектра (тембра) голоса, но и характерное для каждого вида эмоций изменение высоты, интенсивности, темпо-ритмических характеристик речи. Например, эмоции печали характеризуются замедлением темпа, падением силы и звонкости голоса, замедленными процессами нарастания и спада звуков [5].

Таким образом, сопоставляя акустические признаки речевого сигнала с признаками огибающей и мгновенной частоты сигнала, можно построить алгоритм, который будет надежно распознавать тот или иной тип эмоционального окраса речи.

Однако успех реализации данного алгоритма зависит еще от нескольких факторов, которые могут снизить процент верных обнаружений эмоций алгоритмом.

Во-первых, это индивидуальные особенности говорящего. Иногда речь человека может обладать особыми признаками, такими как, например, заикание, кроме того, речь может быть резко прерывистой, тихой или безэмоциональной. Для решения данной проблемы применяется обучение алгоритму, позволяющее на основе реальных данных адаптироваться и выносить правильные решения.

Во-вторых, если человек будет пытаться скрыть эмоции, перехитрить машину, то распознать истинные эмоции человека будет очень сложно.

В-третьих, в реальных условиях на входе системы распознавания должны стоять качественные фильтры, которые позволяют отделить речевого сигнал от остальных звуков, присутствующих в помещении.

Учитывая все эти нюансы и подобрав нужный классификатор, можно построить алгоритм распознавания эмоций человека по его речевому сигналу на основе модуляционной теории обработки звуковых сигналов.

Список литературы

1. Сидоров К. В., Филатова Н. Н. Анализ признаков эмоционально окрашенной речи // Вестник Тверского государственного технического университета. 2012. Вып. 20.

2. *Алешин Т. С.* Новые признаки эмоционально окрашенной речи в речевом сигнале // Научное обозрение. 2015. № 1.
3. *Уваров В. К.* Точное компандирование частотного и динамического диапазонов звуковых сигналов. СПб.: СПбГУКиТ, 2002.
4. *Экман П.* Психология эмоций/ пер. с англ. В. Кузина. СПб.: Питер, 2010.
5. *Алдошина И. А.* Основы психоакустики. М.: Оборонгиз, 2000.

Научный руководитель: *В. К. Уваров*, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

УДК 004.934

Т. Алешин
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

ПРИМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОДУЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ОКРАСА РЕЧИ

Попытки создать искусственный интеллект, способный распознавать речь человека, предпринимались довольно давно. Однако лишь недавно появились алгоритмы, позволяющие распознавать речь человека на различных языках, в том числе и на русском. Сегодня большинство гаджетов уже оснащено технологией распознавания речи.

Однако помимо информационного аспекта, т. е. того, о чем говорит человек, в его речи содержатся признаки его отношения к тому, что он говорит. В повседневной речи многие фразы, произнесенные человеком, имеют определенный эмоциональный окрас. В качественных художественных фильмах каждая фраза имеет свою эмоциональную характеристику. Поэтому можно говорить об эмоциональном окрасе речи (ЭОР), определив который, мы можем распознать эмоциональное состояние человека. При этом совершенно не важна смысловая нагрузка речи.

А вот алгоритмов распознавания ЭОР на данный момент существует не так много. Как правило, за основу берется один из признаков речевого сигнала, по которым можно определить эмоциональное состояние человека, либо комбинация признаков. Далее на основе выделенных принципов с помощью классификатора выносится решение о том, к какому из эмоциональных типов относится данная эмоция.

Наиболее удачная схема для классификации эмоций предложена К. Паком, здесь используется дерево попарных классификаций, при котором обеспечивается более высокая точность кластеризации, нежели при большом количестве кластеров. Женский и мужской голос разнесены между собой, так как эмоциональные окрасы женской и мужской речи сильно отличаются.

Рассмотрим признаки, позволяющие распознать эмоцию в ЭОР. В работе [13] приведен обзор всех признаков речевого сигнала, по которым работают алгоритмы распознавания эмоционального окраса речи.

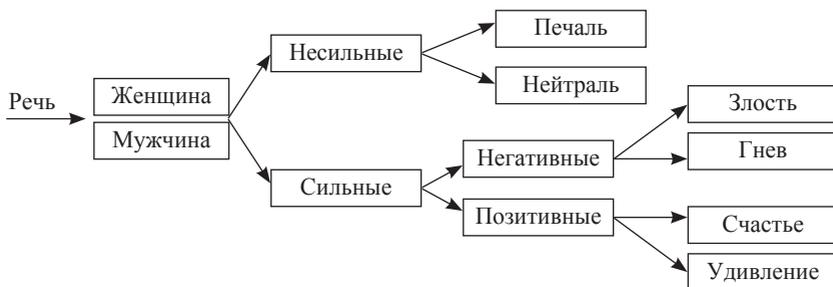


Схема алгоритма классификации эмоций К. Пака

Признаки ЭОР

Признак	Обозначение	Область		Исследования
		Синтез	Распознавание	
1	2	3	4	5
1. Спектрально-временные признаки				
1.1. Спектральные признаки				
1. Среднее значение спектра анализируемого речевого сигнала	$X(i)$	+	+	[3]
2. Нормализованные средние значения спектра	$XN(i)$	+	+	
3. Относительное время пребывания сигнала в полосах спектра	$t(i)$	+	+	
4. Нормализованное время пребывания сигнала в полосах спектра	$t_n(i)$	+	+	
5. Медианное значение спектра речи в полосах	$m_n(i)$	+	+	
6. Относительная мощность спектра речи в полосах	$P_n(i)$	+	+	
7. Вариация огибающих спектра речи	$V(i)$	+	+	
8. Нормализованные величины вариации огибающих спектра речи	$VN(i)$	+	+	
9. Коэффициенты кросскорреляции спектральных огибающих между полосами спектра	$R(i, k)$	+	+	
1.2. Временные признаки				
10. Длительность сегмента, фонемы	l	+	+	[1; 3; 5; 7; 9; 11]

Окончание табл.

1	2	3	4	5
11. Высота сегмента	h	+	+	[1]
12. Коэффициент формы сегмента	k	+	+	
2. Кепстральные признаки				
13. Мелко частотные кепстральные коэффициенты	$MFCC$	–	+	[6; 8]
14. Коэффициенты линейного предсказания с коррекцией на неравномерность чувствительности человеческого уха	PLP	–	+	[6]
15. Коэффициенты мощности частоты регистрации	$LFPC$	–	+	
16. Коэффициенты спектра линейного предсказания	LPC	–	+	
17. Коэффициенты кепстра линейного предсказания	$LPCC$	–	+	
3. Амплитудно-частотные признаки				
18. Интенсивность, амплитуда	i, A	–	+	[5; 8; 9]
19. Энергия	E	+	+	[7; 11]
20. Частота основного тона (ЧОТ)	F_0	+	+	[3; 4; 6; 7; 8; 10; 11]
21. Формантные частоты	F_1, F_2, F_3, F_4	+	+	[3; 5; 6; 11]
22. Джиттер	J_i	–	+	[4; 6]
23. Шиммер	Sh	–	+	[4; 6; 8]
24. Радиальная базисная ядерная функция	$K(x, y)$	–	+	[10]
25. Нелинейный оператор Тигера	TEO	–	+	[4; 8; 10]
4. Признаки нелинейной динамики				
26. Отображение Пуанкаре	Δt_i	–	+	[2]
27. Рекуррентный график	R_{ij}	–	+	[2; 5]
28. Максимальный характеристический показатель Ляпунова	Y_j	–	+	
29. Фазовый портрет (аттрактор)	Y_n	–	+	
30. Размерность Каплана-Йорка	D	–	+	[5]

Представленные признаки с той или иной степенью успешности применяются для задач распознавания ЭОР, однако ни один из них не позволяет достигнуть высокой точности распознавания эмоций.

В связи с этим предлагаем добавить к приведенным в статье [13] амплитудно-частотным признакам мгновенную частоту и логарифмическую огибающую сигнала, которые наиболее точно характеризуют исходный речевой сигнал, эти функции изменяющиеся во времени, чувствительны к изменению сигналов, поэтому они удобны для применения к задаче распознавания. Эти признаки используются в модуляционном анализе-синтезе [15].

По [14] огибающей пары сигналов $\{s, s_1\}$ называется неотрицательная функция времени

$$S(t) = |(s^2 + \dot{s}^2)^{0,5}|. \quad (1)$$

Текущей фазой пары сигналов называют функцию

$$\varphi(t) = \arctg\left(\frac{\dot{s}}{s}\right). \quad (2)$$

Мгновенной частотой пары сигналов называют производную от текущей фазы:

$$\omega(t) = \varphi'(t) = \frac{d}{dt} \arctg\left(\frac{\dot{s}}{s}\right) = \frac{s\dot{s}' - s'\dot{s}}{s^2 + \dot{s}^2}. \quad (3)$$

Для составления словаря амплитудно-частотных признаков эмоций человека в его речевом сигнале необходимо исследование модуляционной теории сигналов, основные принципы которой представлены в [14;15].

Список литературы

1. *Калужный М. В.* Система реабилитации слабовидящих на основе настраиваемой сегментарной модели синтезируемой речи: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2009.
2. *Перервенко Ю. С.* Исследование инвариантов нелинейной динамики речи и принципы построения системы аудиоанализа психофизиологического состояния: дис. ... канд. техн. наук. Таганрог, 2009.
3. *Розалиев В. Л.* Моделирование эмоциональных реакций пользователя при речевом взаимодействии с автоматизированной системой: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград: ВГТУ, 2009.
4. *Соловьева Е. С.* Методы и алгоритмы обработки, анализа речевого сигнала для решения задач голосовой биометрии: дис. ... канд. техн. наук / Е. С. Соловьева. М., 2008.
5. *Хроматиди А. Ф.* Исследование психофизиологического состояния человека на основе эмоциональных признаков речи: дис. ... канд. техн. наук. Таганрог, 2005.
6. *Chen Y.T.* A study of emotion recognition on mandarin speech and its performance evaluation: Ph. D. dissertation, Tatung, 2008.
7. *Morist M. U.* Emotional speech synthesis for a radio dj: corpus design and expression modeling: master thesis MTG-UPF dissertation. Barcelona, 2010.
8. *Siging W.* Recognition of human emotion in speech using modulation spectral features and support vector machines: master of science dissertation. Kingston, 2009.
9. *Алдошина И. А.* Связь акустических параметров с эмоциональной выразительностью речи и пения // Звукорежиссер. 2003. № 2.
10. *Хейдоров И. Э., Цзинбинь Я.* и др. Классификация эмоционально окрашенной речи с использованием метода опорных векторов // Речевые технологии. 2008. Вып. 3.

11. *Makarova V., Petrushin V. A.* RUSLANA: a database of russian emotional utterances // ICSLP. 2002.

12. *Сидоров К. В., Калюжный М. В.* К вопросу оценки эмоциональности естественной и синтезированной речи по объективным признакам // Вестник ТвГТУ. 2011. Вып. 18.

13. *Сидоров К. В., Филатова Н. Н.* Анализ признаков эмоционально окрашенной речи // Вестник ТвГТУ. 2012. Вып. 20.

14. *Уваров В. К.* Точное компандирование частотного и динамического диапазонов звуковых сигналов. СПб.: СПбГУКиТ, 2001.

15. *Ишуткин Ю. М.* Разработка теории модуляционного анализа-синтеза звуковых сигналов и ее практическое применение в технике записи звука кинофильмов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 1985.

Научный руководитель: *В. К. Уваров*, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

**Секция
ТЕХНОЛОГИИ ЗАПИСИ
И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ
АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ДИФФУЗИИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗВУКОВОГО ПОЛЯ В ПОМЕЩЕНИИ

В статье представлена модель расчета звукового поля, позволяющая учитывать влияние рассеивающих конструкций на его формирование.

Описание модели диффузии. Для помещения объемом V и площадью поверхностей S средняя длина свободного пробега λ может быть рассчитана по формуле [1]

$$\lambda = \frac{4V}{S}. \quad (1)$$

Следуя физической аналогии с рассеянием частиц в рассеивающей среде, локальная плотность потока акустической энергии $J(r, t)$ может быть аппроксимирована градиентом плотности акустической энергии $w(r, t)$:

$$J(r, t) = -D \nabla w(r, t), \quad (2)$$

где D – коэффициент диффузии и его аналитическое выражение взято непосредственно из теории рассеяния частиц в рассеивающей среде:

$$D = \frac{\lambda c}{3}. \quad (3)$$

где $c = 340$ м/с – скорость распространения звука в воздухе.

Пусть в помещении находится ненаправленный точечный источник, имеющий местоположение r_s и выходную акустическую мощность P . Из (2) можно показать, что, если изменения плотности энергии и потока энергии остаются незначительными на протяжении средней длины свободного пробега, то плотность акустической энергии является решением уравнения диффузии [1]:

$$\frac{\partial w(r, t)}{\partial t} - D \nabla^2 w(r, t) \quad \text{для } V, \quad (4)$$

где ∇^2 – оператор Лапласа. Это подразумевает, что точка приема должна быть достаточно далека от источника звука и во времени и в пространстве, для того чтобы энергия достаточно рассеялась [2].

Уравнение (4) было получено для неограниченной рассеивающей среды. Для того чтобы сделать возможным использование трехмерного диффузного процесса для произвольной формы помещения, эквивалентная рассеивающая среда должна быть ограничена некоторым образом установкой специальных граничных условий, учитывающих поглощение акустической энергии на поверхностях помещения. Общий путь описания энергетического обмена на границе – использование смешанных граничных условий в следующей форме:

$$J(r, t) n = -D \frac{\partial w}{\partial n} = hw(r, t) \text{ для } S, \quad (5)$$

где h – коэффициент обмена. С использованием аналогии с рассеянием света для него было получено следующее выражение [2]:

$$h = \frac{c\alpha}{2(2 - \alpha)}. \quad (6)$$

Частотная зависимость учитывается через коэффициенты поглощения границ помещения. Граничные условия напрямую зависят от локального граничного коэффициента поглощения, что является преимуществом по сравнению с классической теорией реверберации, которая учитывает только средний коэффициент поглощения по всему помещению.

Наиболее важной характеристикой помещения является уровень звукового давления (УЗД). Уравнение диффузии моделирует только отраженную часть звукового поля, поле прямого звука может быть добавлено на более позднем этапе моделирования. УЗД в точке с координатой x может быть рассчитан по формуле [1]:

$$N(r) = 10 \lg \left(\rho c \left(\frac{P}{4\pi d^2} + cw(r) \right) \frac{1}{p_0} \right). \quad (7)$$

где $d = |r - r_s|$ – расстояние между точкой приема и источником, $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха, $p_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Большинство критериев качества акустики помещения зависят от импульсной характеристики (ИХ) [4]. Модель диффузии предполагает, что энергия достаточно рассеяна. Сравнение результатов, полученных с использованием модели диффузии и методом построения хода лучей по нескольким критериям качества акустики помещений позволяет сделать вывод, что затухание звука, оцененное при помощи первой становится достоверным после двух времен среднего свободного пробега [5]. Поэтому критерии качества звукопередачи, основанные на ранней части звукового затухания, такие как время затухания ранних отражений (EDT), четкость $D50$ или прозрачность $S80$, не могут быть достоверно рассчитаны. Однако время реверберации (BR), определенное по кривым спада, вычисленным на основе ИХ, может быть определено точно.

Дж. Пико [5] получил аналитическое решение уравнения диффузии для одномерного случая. В. Вало [1] предложил численную реализацию алгоритма с использованием метода конечных элементов, позволяющую обчислять трехмерные формы. С использованием модели диффузии акустическая проблема может быть сведена к классической проблеме кондуктивно-конвективного теплообмена для любого ограниченного элемента. Более сложные геометрические формы могут быть обчислены с использованием бесструктурной сетки. Более того, сетка может быть грубой с шагом, равным примерно средней длине свободного пробега рассматриваемого помещения.

Модель диффузии дорабатывали, учитывая акустические особенности, встречающиеся в реальных помещениях: наличие зеркальных отражений от поверхностей, затухания звука в воздухе и объектах, находящихся внутри.

В. Вало [6] показал, что увеличение значения диффузного коэффициента D позволяет получить более точные расчеты при наличии зеркальных отражений. Посредством систематического сравнения результатов применения

модели диффузии и модели трассировки конусом, С. Фуа [7] предложил модифицированную диффузную константу D_m :

$$D_m = kD, \quad (8)$$

где D – теоретическая диффузная константа, взятая из (3); k – функция, зависящая только от коэффициента рассеяния поверхностей S , определяется следующей эмпирической зависимостью:

$$k = -2,238 \ln(s) + 1,549 \text{ для } S > 0 \quad (9)$$

Необходимо отметить, что для $S=1$ (полностью диффузные отражения) модифицированная диффузная константа не равна теоретической ($k \neq 1$) в связи с эмпирической природой зависимости. С использованием этой модели результаты расчета УЗД получаются достоверными, тогда как ВР, определенные для $S < 0,4$ ошибочны [8]. На рис. 1 представлен график УЗД для помещения $30 \times 30 \times 2 \text{ м}^3$ с $S=0,2$ и $S=1$, показывающий хорошую согласованность между результатами применения модели диффузии и модели трассировки конусом.

Поглощение акустической энергии средой может иметь значительное влияние на ее распространение, в особенности на высоких частотах и в больших помещениях. Потери звуковой энергии в воздухе могут быть учтены в модели диффузии, путем изменения выражения для коэффициента диффузии [8]:

$$D' = D \frac{1}{1 + m\lambda}, \quad (10)$$

где m – постоянная затухания, м^{-1} ; D – коэффициент диффузии без учета потери звуковой энергии в воздухе, определяемый по (3).

Однако поглощение звука обычно незначительно после прохождения средней длины свободного пробега ($m \ll 1$), поэтому в дальнейшем можно полагать, что $D' \cong D$. Уравнение диффузии для плотности энергии w в помещении с источником звука, обозначенным через $P(r, t)$ принимает вид [7]:

$$\frac{\partial w(r, t)}{\partial t} - D \nabla^2 w(r, t) + mcw(r, t) = P(r, t) \text{ для } V. \quad (11)$$

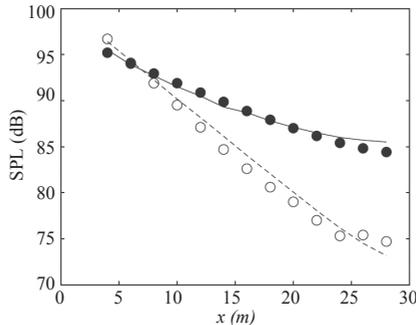


Рис. 1. Изменение УЗД как функции местоположения приемника на центральной оси помещения с размерами $30 \times 30 \times 2 \text{ м}^3$: \circ и \bullet – модель диффузии; -- и — – метод конической трассировки для $S = 0,2$ и для $S = 1$ соответственно [7]

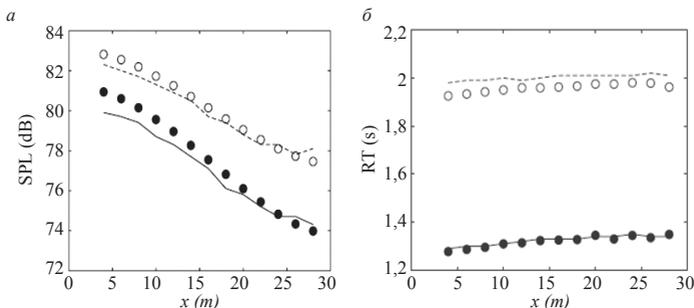


Рис. 2: УЗД (а) и ВР (б) как функции местоположения приемника в помещении с размерами $30 \times 30 \times 3 \text{ м}^3$: \circ и \bullet — модель диффузии, -- и — — метод конической трассировки, без учета и с учетом потери звуковой энергии в воздухе соответственно [8]

На рис. 2 показано, что результаты, полученные при помощи модели диффузии и модели трассировки конусом для помещения $30 \times 30 \times 3 \text{ м}^3$ в отношении УЗД и ВР хорошо согласуются [8]. В этом примере значение постоянной затухания было принято равным 0 и 0,01, что соответствует температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ относительной влажности 50% и частоте 7,2 кГц.

Помещения, как правило, содержат много препятствий, поглощающих и рассеивающих звуковую энергию на пути ее распространения. Эти рассеивающие объекты могут быть смоделированы статистически и охарактеризованы плотностью n_f (т. е. числом рассеивающих объектов на единицу объема), средней эффективной площадью рассеяния Q_f и их поглощающим коэффициентом. Рассеяние звука этими препятствиями может тогда быть смоделировано процессом диффузии, характеризующимся средней длиной свободного пробега $\lambda_f = 1/(n_f Q_f)$ и коэффициентом диффузии $D_f = \lambda_f c/3$. Тогда средняя длина свободного пробега звуковой частицы в помещении с рассеивателями может быть записана так [4]:

$$\lambda = \frac{\lambda_e \lambda_f}{\lambda_e + \lambda_f}, \quad (12)$$

где λ_e — средняя длина свободного пробега для пустого помещения.

Уравнение диффузии для плотности акустической энергии в помещении, содержащем рассеивающие объекты, будет таким [6]:

$$\frac{\partial w(r, t)}{\partial t} - D_i \nabla^2 w(r, t) + c \frac{a_f}{\lambda_f} w(r, t) = P(r, t) \text{ для } V, \quad (13)$$

где

$$D_i = \frac{c (\lambda_e \lambda_f)}{3(\lambda_e + \lambda_f)} = \frac{D_e D_f}{D_e + D_f}, \quad (14)$$

где D_e — коэффициент диффузии в пустой комнате, определенный по формуле (3).

На рис. 3 показано, что полученное соответствие модели диффузии экспериментальным данным очень хорошее, как и данным, полученным с помощью метода трассировки луча [6].

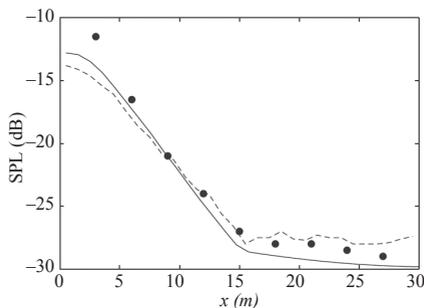


Рис. 3. Распределение УЗД: ● экспериментальные данные, — модель диффузии, -- модель трассировки луча [6]

Из сказанного можно сделать вывод, что численная модель расчета звукового поля в помещении, основанная на уравнении диффузии, с последующими ее усовершенствованиями способна учитывать большинство факторов, встречающихся в реальных помещениях: недиффузность звукового поля, атмосферное затухание, соединение помещений через проемы, передачу звука через смежные стены, поглощение энергии рассеивающими объектами. Модель может быть расширена до бесконечного количества источников и связанных пространств. Время вычислений по отношению к программам, построенным на геометрических методах, значительно меньше. Однако так как ранняя часть затухания звука не может быть правильно смоделирована, то невозможно оценить такие параметры помещения, как четкость, прозрачность и время затухания ранних отражений.

Список литературы

1. Valeau V., Picaut J. and Hodgson M. On the use of a diffusion equation for room acoustic prediction // J. Acoust. Soc. Am. 2006. Vol. 119/ No. 3.
2. Navarro J., Jacobsen F., Escolano J. and Lopez J. A theoretical approach to room acoustic model based on a radiative transfer model // Acta Acustica United with Acustica, 2010. Vol. 96.
3. Kuttruff H. Room Acoustics, 4th ed., Spon Press. London, 1999.
4. Escolano J., Navarro J. M. and Lopez J. J. On the limitation of a diffusion equation model for acoustic predictions of rooms with homogeneous dimensions // J. Acoust. Soc. Am. 2010. Vol. 128. No. 4.
5. Picaut J., Simon L. and Polack J. D. Sound field in long rooms with diffusely reflecting boundaries // Applied Acoustics. 1999. Vol. 56. No. 4.
6. Valeau V., Hodgson M. and Picaut J. A diffusion-based analogy for the prediction of sound fields in fitted rooms // Acta Acustica United with Acustica. 2007. Vol. 93. No. 1.
7. Foy C., Valeau V., Billon A., Picaut J. and Sacout A. An empirical diffusion model for acoustic prediction in rooms with mixed diffuse and specular reflections // Acta Acustica United with Acustica. 2009. Vol. 95. No. 1.
8. Schroeder M. R. New method of measuring reverberation time // J. Acoust. Soc. Am. 1965. Vol. 37. No. 1.

Научный руководитель: Ш. Я. Вахитов, д-р техн. наук, профессор кафедры математики и физики СПбГИКиТ.

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦВЕТОДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОПРОЕКТОРА

Для получения цветных изображений в настоящее время используется как минимум три способа [1]:

- с разделением цветов в пространстве;
- с разделением цветов во времени;
- с совмещением цветов во времени и пространстве.

Способ разделения цветов в пространстве наибольшее распространение получил в LCD-видеопроекторах с одной жидкокристаллической (ЖК) матрицей. В этом случае элемент изображения (пиксел) состоит из нескольких элементов различных цветов (как правило, красный R, зеленый G, синий B). При наблюдении с определенной дистанции эти элементы сливаются и мы наблюдаем их как единый пиксел произвольного цвета. Однако при пространственном разделении цветов эффективная яркость составляет всего 20–30% от максимальной. На рис. 1 показана структура ЖК-матрицы с пространственным разделением цветов.

Способ разделения цветов во времени используется в DLP-видеопроекторах с одной микрзеркальной (DMD) матрицей, которая поочередно освещается источником света красного (R), зеленого (G) и синего (B) цветов. Для получения различных цветов чаще всего используется вращающийся диск с секторами разного цвета (рис. 2).

При таком способе от модулятора требуется повышенное (в три раза) быстродействие, что затруднительно в ЖК-матрицах. Кроме того, временное разделение цветов снижает максимальную яркость в три раза.

Совмещение цветов во времени и пространстве является наиболее эффективным, однако необходимо использование трех модулирующих матриц (рис. 3).

Этот принцип совмещения цветов позволяет получить наиболее высокую яркость изображения, но требует качественного (точного) совмещения

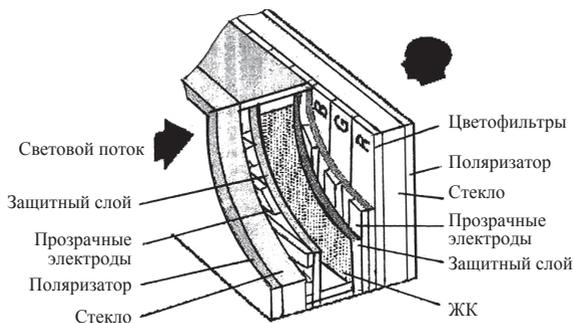


Рис. 1. ЖК-матрица с пространственным разделением цветов

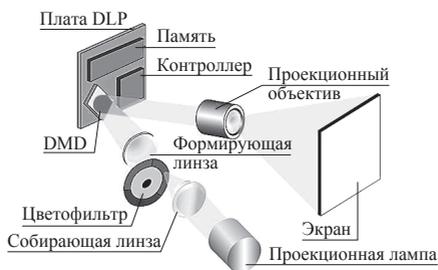


Рис. 2. Схема одноматричного DLP-проектора

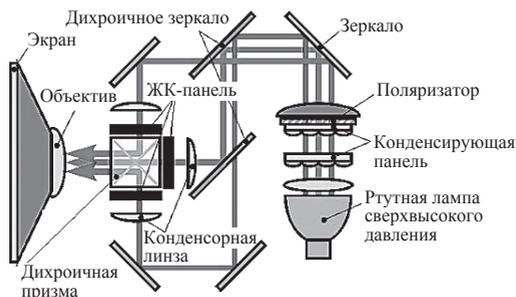


Рис. 3. Схема трехматричного LCD-проектора

выходных пучков света от каждого из трех модуляторов. Соответственно системы с использованием этого принципа являются наиболее дорогими.

Полезный световой поток 3LCD-видеопроектора в значительной степени зависит от схемы построения цветоделительной системы и от параметров применяемых интерференционных цветоделительных светофильтров.

На рис. 4 показаны различные варианты цветоделительных систем с использованием четырех типов интерференционных светофильтров, характеристики которых (коэффициенты пропускания τ и отражения ρ) представлены на рис. 5 [2].

В первом варианте используются интерференционные светофильтры типов *a*, *b*, *в* и *г* и три обычных зеркала. В этом случае спектральные коэффициенты пропускания τ_R , τ_G и τ_B каналов *RGB* для длин волн

$$\lambda_R = 630\text{--}650 \text{ нм}; \lambda_G = 520\text{--}530 \text{ нм} \text{ и } \lambda_B = 430\text{--}460 \text{ нм}$$

будут определяться следующими выражениями:

$$\tau_R = \tau_a \rho_3 \tau_g = 0,9 \cdot 0,99 \cdot 0,9 = 0,8;$$

$$\tau_G = \rho_a \rho_b \tau_g = 0,98 \cdot 0,6 \cdot 0,88 = 0,52;$$

$$\tau_B = \rho_a \tau_g \rho_3^2 \tau_g = 0,98 \cdot 0,9 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,9 = 0,78,$$

где ρ_3 – коэффициент отражения обычного зеркала 0,99.

Общий коэффициент пропускания трех цветовых каналов будет равен

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_R \tau_G \tau_B = 0,80 \cdot 0,52 \cdot 0,78 = 0,32.$$

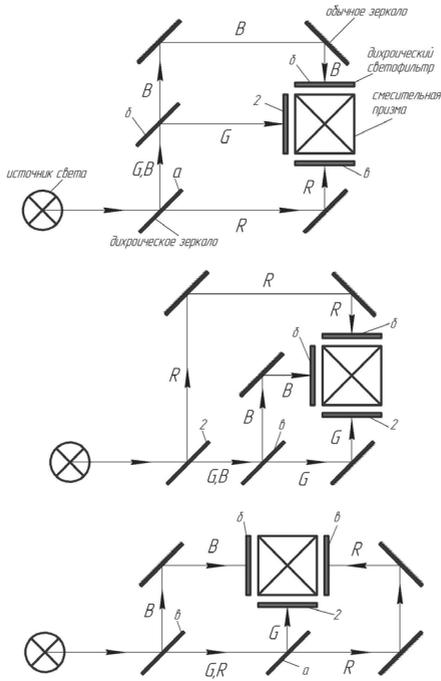


Рис. 4. Схемы построения цветоделительных систем 3LCD-видеопроектора

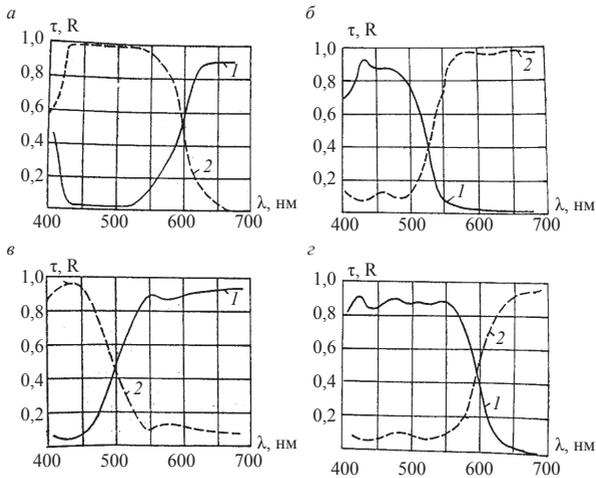


Рис. 5. Спектральные характеристики интерференционных светофильтров:

а – тип 1; б – тип 2, в – тип 3; г – тип 4;
1 – кривая светопропускания; 2 – кривая отражения

Во втором варианте установлены интерференционные светофильтры α , β и γ и четыре обычных зеркала. В этом случае

$$\begin{aligned}\tau_R &= \rho_\alpha \rho_\beta^2 \tau_\beta = 0,9 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 0,86; \\ \tau_G &= \tau_\alpha \tau_\beta \rho_\beta \tau_\gamma = 0,88 \cdot 0,8 \cdot 0,99 \cdot 0,88 = 0,59; \\ \tau_B &= \tau_\alpha \rho_\beta \tau_\beta \rho_\beta \tau_\gamma = 0,88 \cdot 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,88 = 0,73.\end{aligned}$$

Следовательно,

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_R \tau_G \tau_B = 0,86 \cdot 0,59 \cdot 0,73 = 0,38.$$

В третьем варианте используются интерференционные светофильтры α , β , γ и δ и три обычных зеркала. При этом

$$\begin{aligned}\tau_R &= \tau_\alpha \rho_\beta^2 \tau_\beta = 0,9 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,9 = 0,79; \\ \tau_G &= \tau_\beta \rho_\beta \tau_\gamma = 0,8 \cdot 0,98 \cdot 0,88 = 0,69; \\ \tau_B &= \rho_\beta \rho_\beta \tau_\gamma = 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,9 = 0,85.\end{aligned}$$

Общий коэффициент пропускания трех каналов будет равен

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_R \tau_G \tau_B = 0,79 \cdot 0,69 \cdot 0,85 = 0,46.$$

Таким образом, последний вариант построения цветоделительной системы 3LCD-видеопроектора имеет наибольший коэффициент $\tau_{\text{ц}}$ пропускания и позволяет получить больший полезный световой поток видеопроектора.

Вместе с тем световые потери в данном варианте составляют более 50%. Это можно объяснить тем, что использование узкополосных интерференционных светофильтров, выделяющих спектрально чистые цвета, позволяет улучшить цветопередачу, но при этом мощность источника света с непрерывным спектром излучения используется неэффективно. Поэтому разработчики проекционной видеотехники оказываются перед выбором: высокая яркость, умеренное энергопотребление и удовлетворительная цветопередача изображения или отличная цветопередача, но низкая яркость и большое энергопотребление.

В настоящее время интенсивно развиваются технологии видеопроекции, основанные на использовании RGB-лазеров и светодиодов [3–8].

Одним из основных достоинств видеопроекторов с лазерными и светодиодными источниками света является высокое качество цветопередачи при большой яркости изображения и низком энергопотреблении. При этом качество цветопередачи определяется чистотой первичных цветов R, G и B, из которых матрицированием формируется цветовая палитра изображения в целом.

Использование достаточно мощных R-, G-, B-лазеров или светодиодов в трехматричном видеопроекторе позволяет значительно повысить световую эффективность видеопроектора и отказаться от сложной и достаточно габаритной цветоделительной системы.

В одноматричных видеопроекторах с поочередным режимом работы R-, G-, B-источников света, синхронизированных по времени с моментом переключения положения микрзеркал матрицы DMD, не нужен цветовой диск и соответственно двигатель для его вращения. Кроме того, при использовании светодиодных источников излучения в импульсном режиме работы может быть увеличена энергетическая эффективность устройств данного класса [9].

Список литературы

1. Куклин С. В. Светооптические проекционные системы: учеб. пособие. СПб.: СПбГУКиТ, 2012.
2. Пивяский В. Ф., Фридман М. Р. Светооптические системы кинокопировальных аппаратов аддитивной печати // ТКТ. 1979. № 12.
3. Ловковский Д. Видеопроекторы на светодиодах // KNOW HOW. 2010. № 1.
4. Информационный ресурс о мультимедиа проекторах ALLProjectors. URL: <http://www.allprojectors.ru>.
5. Информационный ресурс о мультимедиа проекторах Projector Central: <http://www.projectorcentral.com>.
6. Официальный сайт CASIO Inc.: <http://www.casio-projectors.ru>.
7. NEC, Inc. Руководство по эксплуатации NEC L50W LED, 2011.
8. Лазерная проекция // Киномеханик сегодня. 2014. № 5.
9. Рожев О. В., Шаймиев С. М. Особенности схемотехники высокоэффективных осветительных систем цифровых видеопроекторов на базе светодиодов // Мир техники кино. 2010. № 2.

Научный руководитель: С. В. Куклин, канд. техн. наук, профессор кафедры кино-видеоаппаратуры СПбГИКиТ.

УДК 535.345.6

Н. Ю. Екимова, М. В. Кравченко

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЛИНЗ НА СВЕТОРАССЕЯНИЕ ОБЪЕКТИВА И КОНТРАСТ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Цели работы:

1. Практическая проверка влияния загрязнений оптической поверхности объектива на коэффициент светорассеяния S данного объектива.

2. Выбор светофильтров, которые можно использовать как защитные.

Эксперимент. В ходе работы использовались установка (рис. 1), основным элементом которой является светомерный шар I , внутренняя поверхность которого покрыта специальной бариевой краской, что обеспечивает диффузное отражение от стенок шара. Отражающие свет стенки шара освещаются лампами накаливания 2. Шар имеет два отверстия 4 и 5. В отверстие 4 вводится испытуемый объектив 6 со светофильтром, имеющим испытуемое загрязнение. Отверстие 5 служит для помещения в шар либо черного тела в виде цилиндра 9, покрытого внутри черной матовой краской, либо пробки 10, торец которой имеет одинаковую с отражающей поверхностью шара белую окраску. Перед приемником излучения могут быть установлены диафрагма 7, перекрывающая изображение светлого фона, и диафрагма 3, предохраняющая светочувствительный элемент от попадания постороннего света. В качестве регистрирующего устройства использован люксметр 8.

В работе использован поляризационный светофильтр «Ноуа hmc uv(c) 52 mm», на который наносились различные виды загрязнений: пыль, отпечатки пальцев и высохшие капли воды.

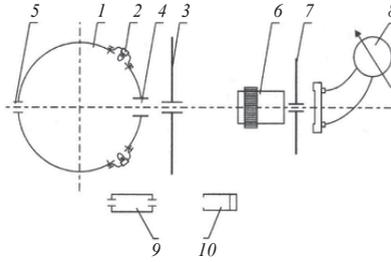


Рис. 1. Принципиальная схема установки [1, с. 12]

Измерения проводились при отсутствии внешнего освещения. Эталонные показания сняты при чистом светофильтре.

Для расчета использовались формулы Коэффициента светорассеяния

$$S = \frac{n_{\text{ст}}}{n_{\text{ф}}} \quad (1)$$

и коэффициента контрастности

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{1 + S}. \quad (2)$$

Результаты измерений. Измерения и результаты расчетов представлены в табл. 1–3.

Таблица 1

№ изм.	Вид загрязнения – пыль			
	Показания люксметра		Измерения	
	Белое тело	Черное тело	Коэф. светорассеяния	Коэф. контрастности
1	5	0,4	0,08	0,93
2	5	0,41	0,08	0,92
3	4,99	0,4	0,08	0,93
4	4,98	0,41	0,08	0,92
5	4,97	0,41	0,08	0,92
6	4,97	0,41	0,08	0,92
7	5	0,42	0,08	0,92
8	4,95	0,43	0,09	0,92
9	4,97	0,41	0,08	0,92
10	4,99	0,41	0,08	0,92
Средн. зн.	4,98	0,41	0,08	0,92
Эталон	5,2	0,35	0,07	0,94
			Увеличение светорассеяния на 14 %	Потеря контраста на 2 %

Таблица 2

№ изм.	Вид загрязнения – отпечатки пальцев			
	Показания люксметра		Измерения	
	Белое тело	Черное тело	Кэф. светорассеяния	Кэф. контрастности
1	5,07	0,78	0,15	0,87
2	5,08	0,79	0,16	0,87
3	5,07	0,8	0,16	0,86
4	5,06	0,81	0,16	0,86
5	5,06	0,82	0,16	0,86
6	5,07	0,81	0,16	0,86
7	5,06	0,81	0,16	0,86
8	5,07	0,87	0,17	0,85
9	5,05	0,86	0,17	0,85
10	5,04	0,82	0,16	0,86
Средн. зн.	5,06	0,82	0,16	0,86
Эталон	5,11	0,3	0,06	0,94
			Увеличение светорассеяния на 167%	Потеря контраста на 9%

Таблица 3

№ изм.	Вид загрязнения – высохшие капли воды			
	Показания люксметра		Измерения	
	Белое тело	Черное тело	Кэф. светорассеяния	Кэф. контрастности
1	5,38	0,6	0,11	0,9
2	5,36	0,61	0,11	0,9
3	5,37	0,61	0,11	0,9
4	5,35	0,61	0,11	0,9
5	5,34	0,61	0,11	0,9
6	5,31	0,61	0,11	0,9
7	5,3	0,61	0,12	0,9
8	5,31	0,61	0,11	0,9
9	5,32	0,61	0,11	0,9
10	5,35	0,62	0,12	0,9
Средн. зн.	5,34	0,61	0,11	0,9
Эталон	5,58	0,44	0,08	0,93
			Увеличение светорассеяния на 37%	Потеря контраста на 3%

Выводы по эксперименту. Грязь, случайно попавшая на объектив, влияет на качество изображения. Она значительно увеличивает светорассеяние, особенно при попадании на линзу отпечатков пальцев (на 167%). А светорассеяние в свою очередь снижает контраст изображения (на 9%). Высохшие капли воды на оптической поверхности объектива приводят к увеличению коэффициента светорассеяния на 37% и уменьшению контраста изображения на 3%.

Наличие пыли на оптической поверхности слабо влияет на световые характеристики. Однако неправильная очистка оптических поверхностей объектива от пыли может привести к царапинам на них. К тому же не все методы очистки позволяют до конца избавиться от жирных пятен и высохших капель. Специальные карандаши, к примеру, очень часто размазывают небольшое пятнышко, усугубляя ситуацию. Поэтому самым простым способом защитить объектив от механических повреждений, загрязнений и последствий неправильной очистки является светофильтр.

Защитные фильтры. Защитные светофильтры служат для физической защиты объектива от разного рода повреждений. Гораздо дешевле сменить случайно поврежденный светофильтр, чем объектив, стоимость которого может достигать внушительной суммы. Многие производители рекомендуют никогда не снимать с объектива защитный фильтр, предохраняющий переднюю линзу от пыли, случайных царапин, брызг воды и случайных касаний пальцами. Защитный светофильтр изготавливается из высококачественного нейтрального оптического стекла. Часто на стекло наносится просветление, помогающее предотвратить паразитные блики на изображении. Для цифровых фотокамер это особенно актуально, так как матрица отражает падающие на нее лучи намного сильнее, нежели фотопленка.

UV-светофильтр. Особенно рекомендуется применение UV-светофильтров в местах, где ультрафиолетовое излучение имеет высокую интенсивность, например в горах или на солнечном берегу моря. В некоторых случаях такие фильтры могут помочь повысить контрастность изображения, убрав эффект дымки, возникающий на больших расстояниях. Существует и такая разновидность ультрафиолетового фильтра, как «SkyLight», который изготовлен из светло-розового стекла. Изображение, снятое с таким фильтром, приобретает чуть теплые тона, иногда практически незаметные на глаз.

Поляризационные светофильтры. Поляризованный свет образуется в результате отражения светового потока от различных поверхностей: воды, облаков, стеклянных витрин и пр. Он может создавать на изображении засветки и паразитные блики. Для задержки поляризованного излучения применяют специальное оптическое покрытие, которое не пропускает световой поток, поляризованный в определенной плоскости. Исключение составляют отражения от металлических предметов, так как поляризационные фильтры их практически не задерживают. Поляризационный светофильтр используется для хорошей проработки неба и облаков. Как известно, небо с облаками на изображении очень часто получается чересчур светлым, а облака остаются недоработанными. Свет поляризуется в результате многократных отражений от микроскопических капель воды и частиц пыли, содержащихся в воздухе. Рекомендуется использовать поляризационный фильтр при съемке растительности. Листья и трава также отражают солнечный свет, поляризуя его. Если применить поляризационный фильтр при съемке, зелень станет более

насыщенной, приобретет теплый оттенок. Поляризационный фильтр поможет и при съемке через стекло, избавив изображение от паразитных бликов и отражения от стекла. Проходя через фильтр, отражения значительно ослабнут, повысив контраст основной сцены, находящейся за стеклом. К недостаткам использования поляризационных фильтров можно отнести то, что при пасмурной погоде объекты освещены рассеянным светом, в котором отсутствуют направленные световые потоки. В этом случае фильтр окажется неэффективным. Также поляризационный светофильтр существенно ослабляет световой поток, попадающий в объектив. Необходимо иметь в виду, что при съемке экспозиция будет увеличена на одну-две ступени.

Нейтральные светофильтры. Для ограничения светового потока, попадающего в объектив, используются нейтральные или, точнее, нейтрально-серые светофильтры, обозначаемые как ND (от англ. Neutral Density). Эти светофильтры выполнены из специального стекла с напылением, ослабляющего световой поток в заданное количество раз. Ослабление выражается плотностью светофильтра. Наиболее распространенные значения плотности – 2х, 4х, 6х, 8х. Они показывают степень кратности ослабления светового потока. Двукратное ослабление приводит к увеличению экспозиции на одну ступень [2].

Нейтральной плотности (фэйдеры). Один такой фильтр позволяет заменить целый набор нейтрально-серых светофильтров различной плотности и получить при этом приемлемое качество фотоматериала. Плавная регулировка прозрачности позволяет легко и быстро настраивать фильтр и экспозицию под любые условия съемки для получения требуемого эффекта. Фэйдер позволяет изменять количество света, попадающего на фоточувствительный элемент камеры (матрицы или пленки) без участия основных экспообразующих составляющих: диафрагмы, выдержки и чувствительности. Иными словами, мы можем выбрать выдержку, диафрагму и чувствительность так, как нужно для данного кадра, а количество поступающего света ограничить фильтром. Основное и наиболее распространенное применение такого фильтра в фотографии – пейзажная съемка с длительной выдержкой. Фэйдер позволяет получать достаточно длительные выдержки даже в яркий солнечный день, когда при обычных условиях даже при минимальной чувствительности и максимально закрытой диафрагме выдержка все еще слишком коротка для достижения нужного эффекта размытия движения. Таким фильтром можно ограничивать количество света и в ситуациях, когда необходимо использование максимально открытой диафрагмы для уменьшения глубины резкости, а значений минимальной чувствительности и самой короткой выдержки камеры недостаточно для корректного экспонирования кадра [3].

Влагозащитные светофильтры. Влагозащитное покрытие WPC (water proof coat) для светофильтров, используемых при фотосъемке, было разработано компаниями MARUMI и Hatsumi Sekai. WPC-покрытие не смачивается водой, поэтому капля моментально стекает, попутно образуя на стекле статический заряд, обратный заряду пыли, – и поверхность самоочищается.

Однако необходимо помнить, что дополнительное стекло (фильтр) снижает коэффициент пропускания и вносит свою лепту в светорассеяние. К тому же сам светофильтр не защищен, и загрязнения фильтра также приведут к снижению контраста изображения. Следовательно, светофильтр также требует ухода за собой: частой чистки и хранения в специальных чехлах, чтобы избежать механических повреждений.

Список литературы

1. Основы светотехники. Ч. 2: метод. указ. по вып. лаб. работ / сост.: Н. В. Дашевская, В. Ф. Кутузов, Н. Н. Тульева. СПб.: СПбГИКиТ, 2003.
2. Цифровая «зеркалка» для начинающих. URL: <http://www.fotozerkalka.ru/articles/beginners/svetofiltry.html> (дата обращения: 07.04.2016).
3. Сравнение нейтральных фильтров переменной плотности Nicna и Viltrox. URL: <http://www.812photo.ru/obzory/14-fader-nd> (дата обращения: 07.04.2016).

Научный руководитель: *Е. Ю. Патрикеева*, ст. преподаватель кафедры киновидеоаппаратуры СПбГИКиТ.

УДК 608.2

М. В. Кравченко, Н. Ю. Екимова
Санкт-Петербургский государственный институт
кино и телевидения, Санкт-Петербург

СПОСОБЫ ЧИСТКИ ЛИНЗ ОТ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В данной работе представлены результаты эксперимента, проведенного с целью выяснения наиболее эффективного средства для очистки оптических поверхностей от различных типов загрязнений.

В качестве опытного образца использовался поляризационный светофильтр, который применяют вместо защитного в любительской фото- и видеосъемке.

К средствам очистки оптики относятся: салфетки на тканевой основе, салфетка на бумажной основе, жидкость для очистки оптики, карандаш для очистки оптики. Существуют и другие средства для очистки оптики, однако они менее доступны.

В ходе эксперимента использовалось 2 вида микрофибры: с мелкой структурой и крупной структурой. Микрофибра с мелкой структурой – это специально разработанный состав ткани для протирания оптики [1].

У микрофибры с крупной структурой размер волокон ткани заметно больше, чем у гладкой микрофибры, на ощупь она более мягкая, состав ткани идентичен.

Также использовалась специальная жидкость для очистки оптики.

В ходе эксперимента проводилась очистка светофильтра от следующих видов загрязнения:

- пыли;
- отпечатков пальцев;
- брызг различных жидкостей.

Рассматривались следующие способы очистки оптических поверхностей:

- специальными тканями;
- специальными жидкостями.

Ход эксперимента

1. Устранение пыли:

- с помощью микрофибры, имеющей более мелкую структуру, убираем частицы пыли со светофильтра;
 - с помощью микрофибры с более крупной структурой убираем частицы пыли со светофильтра;
 - наносим жидкость для очистки оптики на светофильтр, протираем ватными палочками;
 - карандашом для чистки оптики устраняем загрязнение.
2. Устранение отпечатков пальцев:
- с помощью микрофибры, имеющей более мелкую структуру, стираем отпечаток со светофильтра;
 - с помощью микрофибры с более крупной структурой стираем отпечаток со светофильтра;
 - наносим жидкость для очистки оптики на светофильтр, протираем ватными палочками;
 - карандашом для чистки оптики устраняем загрязнение.
3. Устранение высохших капель воды:
- с помощью микрофибры, имеющей более мелкую структуру, устраняем следы высохшей воды со светофильтра;
 - с помощью микрофибры с более крупной структурой устраняем следы высохшей воды со светофильтра;
 - наносим жидкость для очистки оптики на светофильтр, протираем неспециализированной тканью;
 - карандашом для чистки оптики устраняем загрязнение.

Перед исследованием каждого нового метода очистки светофильтр полностью отчищался от предыдущего загрязнения, затем наносилось новое загрязнение.

По итогам эксперимента можно сделать выводы, отраженные в табл. 1–3.

Таблица 1

Устранение пыли

№	Средство для чистки	Результаты удаления загрязнения	Выводы об эффективности метода
1	Микрофибра с крупной структурой	Видимая пыль полностью устранена	Быстрый и простой метод
2	Карандаш с кисточкой для очистки оптики	Вся крупная пыль удалена кисточкой, чистящей поверхностью карандаша удалены остатки мелкой пыли	Операция выполняется медленнее, чем с крупной микрофиброй, но носить карандаш удобнее
3	Жидкость для очистки оптики	Помогла устранить пыль, однако для этого дополнительно потребовалась ватная палочка	Самый долгий метод, при неправильном подходе могут остаться разводы
4	Микрофибра с мелкой структурой	Не устранила мелкую пыль	Быстро, но неэффективно

Таблица 2

Устранение отпечатков пальцев

№	Средство для чистки	Результаты удаления загрязнения	Выводы об эффективности метода
1	Микрофибра с крупной структурой	Почти полностью удалены следы отпечатков пальцев. Оставшиеся пятна трудно различимы глазом при хорошем освещении	Довольно быстрый и очень простой метод
2	Жидкость для очистки оптики	Удалены отпечатки полностью, однако после высыхания остались разводы на поверхности фильтра	Результаты неудовлетворительны
3	Микрофибра с мелкой структурой	Следы от отпечатков пальцев не устранены	Результаты неудовлетворительны
4	Карандаш для очистки оптики	Следы от отпечатков пальцев не устранены	Результаты неудовлетворительны

Таблица 3

Устранение высохших капель воды

№	Средство для чистки	Результаты удаления загрязнения	Выводы об эффективности метода
1	Жидкость для очистки оптики	Остались разводы	Лучший результат из представленных, однако светофильтр по-прежнему остался грязным. Для съемки не подходит
2	Карандаш для очистки оптики	Чистка не принесла результата	Съемку продолжать нельзя
3	Микрофибра крупной структурой	Чистка не принесла результата	Съемку продолжать нельзя
4	Микрофибра с мелкой структурой	Чистка не принесла результата	Съемку продолжать нельзя

Наилучшего результата удалось добиться, скомбинировав чистку жидкостью и микрофиброй с крупной структурой. После нанесения на светофильтр жидкости насухо протерли его микрофиброй с крупной структурой, в результате были полностью удалены все загрязнения, оставленные пальцем.

Результаты эксперимента с соленой водой полностью повторяют результаты эксперимента с обычной водой.

Очистка светофильтра перед каждым экспериментом велась с помощью жидкости для очистки оптики и крупной микрофибры. Жидкость размачива-

ла засохшую каплю, а микрофиброй мы вытирали насухо жидкость. Микрофибра с мелкой структурой хуже вытирала жидкость и оставляла разводы.

Переходя к вопросу о прикладной очистке оптики, нужно отметить следующее: прежде всего нужно очистить оптическую поверхность от пыли; по завершении процесса очистки полностью удалить остатки чистящего средства.

Обобщая все результаты экспериментов, можно сказать что лучший метод очистки линзы без просветления в процессе работы – это совмещение очистки жидкостью для очистки оптики и микрофибры с крупным ворсом.

В заключение можно сделать вывод, что лучший метод очистки оптических поверхностей, не имеющих просветления, – это совмещение жидкости для очистки оптики и микрофибры с крупной структурой.

Список литературы

1. Набор для чистки и ухода за оптикой Canon. URL: <http://www.travelersphoto.ru/collection/all/product/nabor-dlya-chistki-i-uhoda-za-optikoy-canon> (дата обращения: 07.04.2016).

Научный руководитель: *Е. Ю. Патрикеева*, ст. преподаватель кафедры киновиdeoаппаратуры СПбГИКиТ.

УДК 778.27

Н. И. Русинов, В. В. Андреева

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕТИТЕЛЯ С ФОКОННОЙ ОПТИКОЙ ДЛЯ ВИДЕОПРОЕКТОРА

Фокон – это оптический или полый (зеркальный) световод с отражающей поверхностью, имеющий форму конуса или близкого к нему тела [1; 2]. Он относится к элементам с «непоследовательной» трассировкой лучей, т. е. лучи в нем трассируются в соответствии с фактическим физическим расположением поверхностей независимо от того, в каком порядке они находятся. Использование фокона в оптической схеме светодиодного осветителя позволяет собрать практически весь световой поток, излучаемый светодиодной (LED) матрицей, и направить его на проецируемый кадр и в проекционный объектив. При этом за счет задаваемых углов конусности фокона прямоугольного сечения в двух взаимно перпендикулярных сечениях можно согласовать параметры светодиодного источника света с размерами проецируемого кадра и апертурным углом проекционного объектива и свести к минимуму световые потери. Кроме того, излучение, попавшее в световод, усредняется по интенсивности за счет многократных внутренних отражений световых лучей от боковых поверхностей, повышая тем самым равномерность освещенности.

С целью анализа эффективности использования фокона в осветительной-проекционной системе видеопроектора выполним компьютерное моде-

лирование и исследование такого осветителя. Для построения компьютерной модели, показанной на рис. 1, используем программный пакет ZEMAX. В нем имеется опция Non-sequential components (непоследовательные компоненты), позволяющая рассчитывать подобные оптические системы, содержащие последовательные оптические компоненты и непоследовательные компоненты.

Источник излучения Source Radial (терминология ZEMAX) плоский, с осесимметричной диаграммой излучения. Размер источника $12,6 \times 15,4$ мм. Угол излучения равен 140° . Световой поток составляет 4800 лм. Количество лучей, исходящих при расчете от источника, равно $5 \cdot 10^6$. Мощность источника принята равной единице: $\Phi_e = 1$ Вт.

Сечение анализируемого детектором пучка характеризуется:

- размером (size);
- распределением освещенности (incoherent irradiance) и максимальным значением освещенности (peak irradiance);
- полной мощностью (total power), прошедшей через сечение;
- количеством анализируемых точек (pixels).

Детекторы, анализирующие сечение светового пучка располагаются:

- в выходном окне фокона;
- в ЖК-матрице;
- во входном зрачке проекционного объектива.

Размеры фокона подбирались таким образом, чтобы большинство лучей, излучаемых светодиодной матрицей, попали в фокон и выходили из него. На рис. 2 указаны размеры фокона.

Положения элементов оптической схемы относительно друг друга задавались исходя из их характеристик. Расстояние между источником света и входным окном фокона было задано минимальное. Расстояние между фоконом и конденсором равно фокусному расстоянию конденсора. Расстояние между конденсором и ЖК-матрицей задано исходя из условий наилучшей освещенности. Расстояние между ЖК-матрицей и входным зрачком объектива равно фокусному расстоянию объектива.

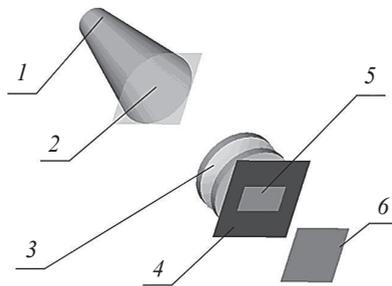


Рис. 1. Компьютерная модель светодиодного осветителя с полым коническим фоконом круглого сечения:

- 1 – конический фокон; 2 – детектор в плоскости выходного окна фокона;
 3 – конденсор; 4 – диафрагма в плоскости ЖК-матрицы; 5 – детектор в плоскости ЖК-матрицы; 6 – детектор в плоскости входного зрачка объектива

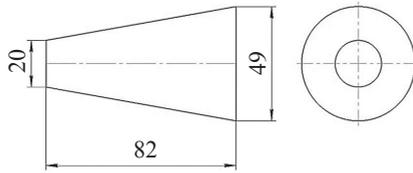


Рис. 2. Размеры конического фокона

Далее была проведена трассировка лучей и расчет энергетической эффективности системы. На рис. 3, а показан график однокоординатного среза двухмерного распределения освещенности (incoherent irradiance) вдоль оси X

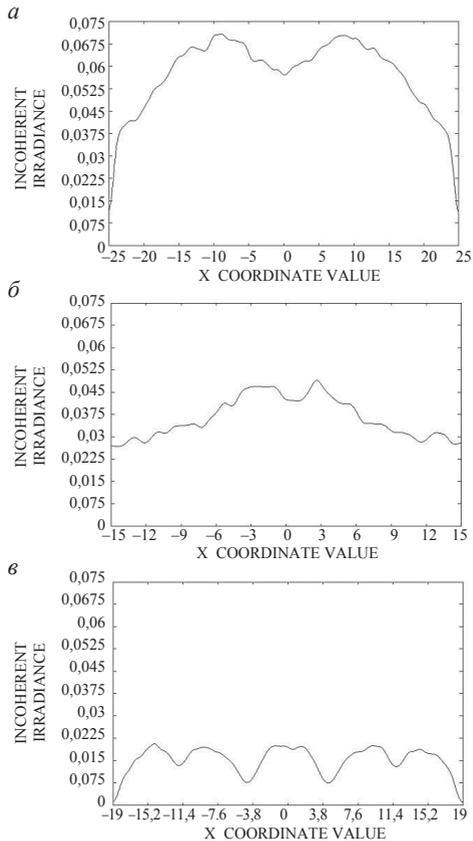


Рис. 3. Графики распределения освещенности на детекторах:

а – в выходном сечении фокона; б – в ЖК-матрице; в – в плоскости входного зрачка проекционного объектива

относительно центра детектора, установленного в выходном сечении конического фокона.

На детектор попал 1 Вт энергии (total power), т. е. вся энергия от источника света была направлена фоконом в сторону его выходного сечения. На графике виден некоторый спад освещенности в центре детектора, далее – возрастание до максимального значения, а затем, по мере движения к краям детектора, освещенность падает. Равномерность освещенности на участке ± 10 мм от центра детектора составляет порядка 78%, на краях она постепенно спадает до 10%. На детектор попал 1 Вт энергии (total power), т. е. вся энергия от источника света была направлена фоконом в сторону его выходного сечения. На графике виден некоторый спад освещенности в центре детектора, далее – возрастание до максимального значения, а затем, по мере движения к краям детектора, освещенность падает. Равномерность освещенности на участке ± 10 мм от центра детектора составляет порядка 78%, на краях она постепенно спадает до 10%.

На рис. 3, б изображен график распределения освещенности на детекторе в ЖК-матрице. Из графика видно, что на детектор попало 0,175 Вт и энергия распределена неравномерно. Разница освещенности в центре и у края ЖК-матрицы более 50%. Большинство лучей не проходят через ЖК-матрицу и срезаются диафрагмой.

На рис. 3, в показан график распределения освещенности на детекторе в плоскости входного зрачка проекционного объектива. Во входной зрачок объектива попадает всего 0,16 Вт энергии. С учетом световых потерь при прохождении лучей через модулятор света (ЖК-матрицу) это значение будет еще меньше [3]. При этом равномерность освещенности составляет менее 40%.

Данная система обладает рядом достоинств – сравнительно небольшой стоимостью изготовления, простотой юстировки. Однако есть и серьезные недостатки – низкая эффективность и высокая неравномерность освещенности.

Для повышения световой эффективности предложена и исследована схема светодиодного осветителя с пирамидальным фоконом прямоугольного сечения. Компьютерная модель такой схемы изображена на рис. 4.

Размеры входного сечения фокона согласованы с размерами излучающей площадки светодиодной матрицы, а выходного сечения – с размерами

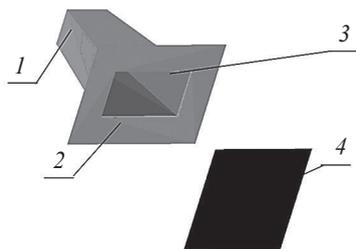


Рис. 4. Компьютерная модель светодиодного осветителя с пирамидальным фоконом:

1 – пирамидальный фокон; 2 – диафрагма в плоскости ЖК-матрицы; 3 – детектор в плоскости ЖК-матрицы; 4 – детектор в плоскости входного зрачка объектива

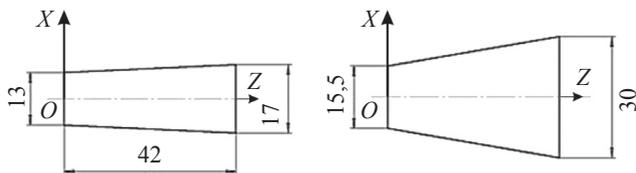


Рис. 5. Размеры пирамидального фокона

ЖК-матрицы с диагональю 1,3 дюйма (33 мм). На рис. 5 приведены размеры пирамидального фокона в сечениях XOZ и YOZ .

На рис. 6, *a* изображен график распределения освещенности на детекторе в плоскости ЖК-матрицы. Как видно из графика, матрица равномерно освещена и на нее падает более 90% светового потока.

На рис. 6, *б* приведен график распределения освещенности на детекторе в плоскости входного зрачка проекционного объектива. Из графика видно, что всего 26% светового потока попадает во входной зрачок объектива. Такие большие потери светового потока на входном зрачке объектива можно объяснить сравнительно небольшой конусностью пирамидального фокона, которая ограничена размерами LED- и ЖК-матриц (в горизонтальной плоскости всего 5° , а в вертикальной 10°). Это не позволяет сильно уменьшить апертуру выхода лучей из фокона и согласовать ее с апертурой проекционного объектива. Вследствие этого часть лучей срезается оправой объектива, не попадая в него. При этом спад освещенности от центра к краям составляет более 30%.

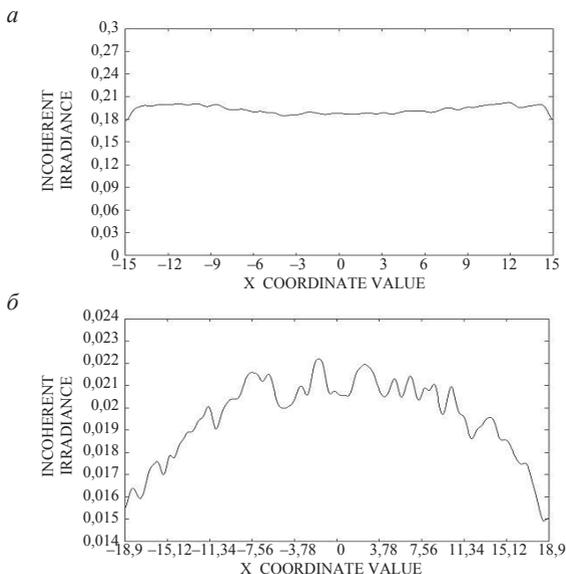


Рис. 6. Графики распределения освещенности на детекторах:
a – в ЖК-матрице; *б* – в плоскости входного зрачка проекционного объектива

Приняв во внимание то, что программа ZEMAX работает с энергетическим представлением потока излучения (Вт), был произведен перерасчет полученного излучения в световой поток, воспринимаемый глазом, в лм [4]. При использовании светодиодной матрицы Epistar 3F80 со световым потоком 4800 лм и цветовой температурой 6500 К ($k_{\text{гд}} = 0,137$), где $k_{\text{гд}}$ – коэффициент полезного действия глаза, зависящий от цветовой температуры, полезный световой поток Фп видеопроектора составит 304 лм.

Требуемый световой поток Фтр при заданных параметрах видеопроекции для небольших аудиторий с проекционным расстоянием до 5 м составляет порядка 290 лм. Таким образом, предложенный светодиодный осветитель с пирамидальным фоконом позволяет получить требуемый световой поток для заданных условий проекции.

Список литературы

1. Вейнберг В. Б., Самтаров Д. К. Оптика световодов. Л.: Машиностроение, 1977.
2. Баранов В. К. Фоконы и фоклины в качестве концентраторов излучения протяженных объектов // Оптико-механическая промышленность. 1977. № 2.
3. Куклин С. В. Светооптические проекционные системы: учеб. пособие. СПб.: СПбГУКиТ, 2012.
4. Павлов А. В. Оптико-электронные приборы (Основы теории и расчета). М.: Энергия, 1974.

Научный руководитель: С. В. Куклин, канд. техн. наук, профессор кафедры кино-видеоаппаратуры СПбГИКиТ.

УДК 621.38

А. С. Степанова

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В КАЧЕСТВЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ КИНОПРОЕКЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ

Производители кинопроекторов уже давно стремились разработать продукты, которые обеспечивали бы наилучшее качество экранного изображения. Лампы – будь то ртутные, галогеновые или ксеноновые – служили хорошо и являлись лучшим решением в течение многих лет. Но у них есть недостатки, в том числе: опасность при эксплуатации, высокая температура тела накала, сравнительно малый срок службы, трудности транспортировки и утилизации. Хорошей альтернативой являются лазеры.

ЛАЗЕР (LASER) это аббревиатура, которая расшифровывается как Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (усиление света посредством вынужденного излучения). Принцип работы лазера основывается на явлении индуцированного излучения, при котором возбужденный атом излучает фотон под действием другого фотона без его поглощения, причем первый

фотон когерентен второму. Для увеличения вероятности излучения фотона без его поглощения необходимо наличие инверсной населенности активной среды, это состояние достигается энергией накачки. Первоисточником генерации является процесс спонтанного излучения, поэтому для обеспечения преемственности поколений фотонов необходимо существование *положительной обратной связи*, за счет которой излученные фотоны вызывают последующие акты индуцированного излучения. Для этого активная среда лазера помещается в *оптический резонатор*, отражаясь от зеркал которого пучок излучения многократно проходит по резонатору, вызывая в нем индуцированные переходы [2].

По сравнению с остальными источниками света, лазер имеет ряд преимуществ.

- Используемый в кинопроекторной аппаратуре лазер представляет собой твердотельный источник. В этом отношении он похож на электронный чип: нет движущихся частей, имеет сравнительно небольшие габаритные размеры, его производство может быть полностью автоматизировано и осуществляться в контролируемой среде. Кроме того, как и электронные микросхемы, в условиях серийного производства лазеры могут быть дешевы. Процесс изготовления лампы кинопроектора гораздо более трудоемок: производство стеклянных колб, необходимость расположения электродов в них, изготовление отражателей и т. д.

- Поскольку лазерное излучение является монохроматическим, цвета, получаемые на экране, очень насыщенные и остаются стабильными с течением времени; в то время как остальные источники света излучают в широком диапазоне волн, их цветовая температура может меняться в процессе эксплуатации.

- Так как лазер представляет собой электронное устройство, он контролируется электроникой, имеет малое время переключения, и его яркость может принудительно изменяться от максимальной до минимальной (так же, как у светоизлучающих диодов).

Кроме этого, использование лазера в качестве источника света цифровых кинопроекторов имеет ряд финансовых и качественных преимуществ.

- Нет необходимости менять источник света, так как время эксплуатации лазера значительно превышает время эксплуатации лампы. Светопроекторный блок практически не требует технического обслуживания, так как нет необходимости в мониторинге яркости и периодической установке нового осветителя.

- Если оптическая система должным образом герметизирована, фильтры больше не нужны, поэтому время обслуживания проектора значительно сокращается.

- Быстрый запуск кинопроектора, так как лазерный источник света не требует времени на разогрев.

- В лазерах не применяется ртуть, следовательно, они более экологически безопасны.

- Лазерные проекторы имеют более высокую надежность. Если лазерный диод выходит из строя, качество изображения по-прежнему гарантируется.

- Лазеры производят более постоянный световой поток.

- Многократные запуски кинопроектора не влияют на срок службы лазера.

Лазерные светооптические системы постоянно совершенствуются, а начиная с 2000 г. устойчиво развиваются специально для проекционной области.

Несмотря на наличие очевидных преимуществ использования лазеров в качестве источников света, они имеют некоторые недостатки.

- Лазеры могут быть дешевле, чем лампы. Тем не менее нынешние объемы производства не являются достаточно большими, чтобы лазеры были дешевы. Так как синие лазеры чаще используются в промышленности, например в Blu-Ray-плеерах, они дешевле, чем красные или зеленые лазеры.

- Лазеры намного меньше, чем лампы, и поэтому они генерируют тепловое излучение, которое должно быть устранено. Температура электронного чипа лазера должна быть ниже, чем 70 °С, в то время как лампа работает при температуре около 900 °С. Если лампа может быть охлаждена с помощью вентилятора и воздухом при комнатной температуре, лазер представляет собой большую проблему, так как разница между комнатной температурой воздуха и 70 °С значительно меньше. Таким образом, охлаждение лазера требует новых, более тонких технологических решений, так как охлаждаемая поверхность и количество рассеиваемой теплоты весьма малы.

- Наличие спекл-эффекта, который представляет собой неоднородную структуру изображения, видимую каждый раз при использовании лазерного указателя. Спекл-эффект присущ любому источнику лазерного излучения. С технической точки зрения спекл является интерференционной картиной, которая возникает, когда когерентный свет рассеивается от оптически неоднородной поверхности, например экрана. Спекл наблюдается как видимый «шум» на зрительно однородной поверхности и снижает воспринимаемую контрастность изображения, а также наиболее заметен на ярких элементах сцены. Спекл-структура более заметна, когда наблюдатель не статичен относительно экрана.

Исследователи разработали эффективные средства, практически исключают видимый спекл-эффект при использовании лазерного освещения в проекторах. Но из-за оптических характеристик спекл-эффекта трудно сделать точные и воспроизводимые измерения. Например, результаты измерений зависят от типа используемой аппаратуры, времени экспозиции, расстояния до экрана, характеристик его поверхности и многих других факторов.

В цифровом кинематографе существуют нормы уровня яркости экрана, четкости, резкости и т. д. Степень удаления спекл-эффекта также должна быть нормирована с целью обеспечения стабильного качества цифрового кинематографа. Более подробно об измерении спекла можно узнать в литературе [1].

Особого внешнего отличия проекторов с лазерным источником от остальных нет. Это только внутреннее различие и оно не сказывается на внешнем корпусе кинопроектора. В состав осветительно-проекционной системы входят линзы, которые смешивают лазерное излучение для охвата полного цветового спектра. В качестве светового модулятора могут быть использованы матрицы DMD, LCOS или LCD [4].

Для генерации основных цветов (RGB) могут быть применены непосредственно красный, зеленый и синий лазеры. При использовании такой комбинации можно создать 3D-изображение с очень высокой яркостью, недоступной для других источников света. При этом используется метод Six Primary

3D (бр 3D). Сепарация изображения по этому методу осуществляется за счет использования разных длин волн основных цветов для построения правого и левого изображений.

В следующем варианте исполнения лазерного кинопроектора в качестве источника света применяют лазер и люминофор (используются только синие лазеры). Красный и зеленый свет генерируются при освещении поверхности люминофора синими лазерами. Синий свет возбуждает люминофор, который излучает желтый свет, а он, в свою очередь, разделяется на красный и зеленый цветным фильтром. Поскольку этот метод использует только менее дорогие синие лазеры, источник света может быть более экономически эффективным. Однако эта технология уступает предыдущей в значениях яркости.

Еще один тип кинопроекторов с лазерным источником света является гибридом, в котором используются лазерные и LED-технологии. Например, в светодиодных кинопроекторах иногда используются голубые лазеры с зеленым люминофором (вместо зеленых светодиодов) из-за лучшего соотношения производительность/стоимость [3].

Когерентность излучения – наибольшее преимущество лазера, которое упрощает использование нескольких лазеров в проекторе. Но когерентность лазера делает его опасным, если смотреть непосредственно на луч – так же, как с лазерным указателем или лазерными лучами, используемыми при больших зрелищных мероприятиях (не рекомендуется смотреть на луч со световым потоком 20 000 лм). Лазеры делятся на 4 класса – от лазеров, которые не причиняют никакого вреда глазам или коже (класс 1), до лазеров, которые используются для резки и сварки металла (класс 4). Более подробную информацию о классификации можно найти в СанПиН 5804-91 (ANSI Z136.1–2000) [6].

Для формирования изображения с требуемым увеличением и избавления от спекл-эффекта, свет, излучаемый лазерным проектором, обрабатывается таким образом, что теряет когерентность. Выходя из проекционного объектива, световой сигнал сохраняет прежние длины волн, однако во всех других отношениях идентичен излучаемому лампой. Научный анализ подтверждает этот вывод. Международные стандарты, касающиеся лазеров и их применения – МЭК (IEC) – изменили категоризацию лазерных проекторов от лазерного стандарта (60825–1: 2014) к стандарту лампы (IEC 62471). По состоянию на июль 2015 г. к лампам применяется стандарт IEC 62471–5, который непосредственно касается требований безопасности для проекторов.

Эти нововведения уже обнародованы в национальных и региональных исполнительных документах. Так была создана Laser Illuminated Projector Association (LIPA) в кинопроекционной отрасли, чтобы помочь регулирующим учреждениям установить необходимые изменения к существующим нормам.

Поскольку большинство производителей лазерных кинопроекторов находятся в ЕС, имеет смысл сказать о существующей директиве ЕС по поэтапному отказу от ламп накаливания. Это возможно благодаря наличию технологии LED.

В кинопроекционной индустрии УНР-лампы содержат ртуть. Директива Европейского союза RoHS 2002/95/EC (Ограничение опасных веществ), принятая в феврале 2003 г., ограничивает использование определенных опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании. Некоторые вещества (в том числе, свинец и ртуть) запрещены, если есть техническое и экономич-

ное решение для замены. Если такое решение не приемлемо, производители могут запросить льготу на производство. Она должна обновляться каждые 5 или 7 лет. Последняя льгота имеет срок до 2018 г. Ее возобновление для UHP-ламп было предложено, решение станет известно во второй половине 2016 г. [5].

Решение об отмене льготы может оказать существенное влияние на проекционную отрасль. Многие производители (Barco, NEC, Christie) вкладывают значительные средства в лазерные продукты из-за очевидных преимуществ.

Лампы по-прежнему являются основным источником света, но почти все новые разработки в области профессионального рынка используют лазерные источники, как правило, лазерно-люминофорные. Поскольку лампы по-прежнему имеют преимущество в цене на момент покупки, они занимают свою нишу на рынке дорогих продуктов, хотя находятся под давлением со стороны светодиодных источников. Ожидается, что затраты на производство лазеров значительно снизятся в ближайшие несколько лет.

Список литературы

1. *Архинова Е., Казаков А.* Устройство лазера // Laser.Portal.ru. URL: http://www.laser-portal.ru/content_374 (дата обращения: 08.04.2015).

2. The Differences, Lamp vs. Laser Illuminated Projectors // Laser Illuminated Projector Association. URL: <http://www.lipainfo.org/laser-projection/laser-projectors/> (дата обращения: 01.04.2016).

3. Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, Adaptation to technical and scientific progress of the RoHS2 Annexes III and IV // European Commission. URL: http://www.ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/adaptation_en.htm (дата обращения: 01.04.2016).

4. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН № 5804–91 Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров. URL: http://www.gostfile.ru/gost_pr/sanpin/sanpin_5804-91/index.html (дата обращения: 01.04.2016).

Научный руководитель: *Е. Ю. Патрикеева*, ст. преподаватель кафедры киноvideоаппаратуры СПбГИКиТ.

УДК 778

В. В. Хайруллина

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, Санкт-Петербург

РЕСТАВРАЦИЯ АРХИВНЫХ КИНОФИЛЬМОВ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДВИЖУЩЕГОСЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

В настоящее время в фильмофондах страны хранится огромное количество фильмов на пленочных носителях, представляющих значительный интерес для зрителей. Кинопленка является достаточно долговечным материалом для хранения кинофильмов, однако со временем она подвергается появлению различных дефектов киноизображения в виде снижения контра-

ста, нарушения цветового баланса, шумов, царапин и потертостей. В связи с долгим хранением возможно повреждение или полная утрата некоторых кадров кинофильма. Все это может привести к общему снижению качества киноизображения при проекции на экран.

Повышение качества передачи изображения движущихся объектов на экране неразрывно связано с приходом цифровых технологий и развитием высокоскоростных цифровых камер с носителями, имеющими высокую емкость записи, а также с усилением конкуренции между телевидением и кинематографом. Сегодня перспективным направлением в развитии медиаиндустрии является переход к теле- и киноизображениям сверхвысокой четкости, расширение динамического диапазона, увеличение контраста при условии сохранения повышенной яркости и точной цветопередачи на экране. Сегодня кинотеатры имеют в наличии все необходимое оборудование для показа кинофильмов в новом формате, с увеличенной частотой смены кадров и высоким разрешением.

За более чем столетнюю историю кинематографа создано огромное количество кинофильмов, ставших теперь культурным достоянием страны. Так, только в Госфильмофонде РФ на архивном хранении находится более 70 тыс. кинофильмов, созданных на киноплёнке. Ни для кого не секрет, что практически все киношедевры, произведенные в нашей стране, были сняты в XX в. и именно на киноплёнку. Подавляющее большинство кинофильмов, которые показывают в российских кинотеатрах в настоящее время – западные. Зарубежная киноиндустрия практически полностью вытеснила отечественную с кинорынка. Этот факт может послужить стимулом к тому, чтобы дать шедеврам отечественного кино вторую жизнь. В связи с этим актуальным является оцифровка фильмов, находящихся на хранении в фильмофондах страны, и их показ с высоким качеством на большом экране. Для реализации идеи необходима реставрация архивных кинофильмов с технологией повышения качества передачи движения.

В настоящий момент оцифровка фильмокопии не вызывает значительных трудностей: для этого могут быть использованы существующие фильм-сканеры. С помощью них можно перевести аналоговый сигнал киноизображения, хранящийся на пленочном носителе, в цифровой с требуемым разрешением. Так, например, фильм-сканер, разработанный и изготовленный в СПбГУКиТ в 2006–2011 гг. позволяет оцифровывать 35-мм фильмы. Особое внимание при его разработке было уделено бережному транспортированию архивного фильма, в том числе со значительной усадкой и поврежденными перфорациями.

Наиболее трудоемким является процесс реставрации архивной фильмокопии. Реставрация является своего рода посредником между зрителем и историей. Процесс реставрации может включать в себя следующие этапы:

- цветокоррекцию;
- стабилизацию изображений;
- чистку изображения (устранение шумов, царапин, потертостей и других дефектов);
- устранение мерцания;
- изменение разрешения;
- восстановление утерянных или поврежденных кадров или частей кадра.

После сканирования архивной фильмокопии получается секвенция файлов, в которой каждый кадр изображения представлен отдельным файлом. Далее секвенция отправляется на цветокоррекцию. Затем выполняется стабилизация изображения: кинофильм автоматически разбивается на планы, внутри каждого плана выбираются параметры, при которых изображение получается наиболее стабильным. При таких же условиях производится чистка изображения. Необходимо тщательно следить за этим процессом, чтобы не допустить удаления нужных деталей и объектов (например, блестящих и небольших объектов – пуговиц, серег, снега, кончиков пальцев).

Во время чистки изображения возникает еще одна проблема, связанная с рациональным выбором настроек программного обеспечения, посредством которого осуществляется реставрация: если настройки окажутся слишком грубыми – могут появиться артефакты, а если чрезмерно точными, то на киноизображении могут остаться нежелательные шумы.

Далее осуществляется устранение мерцания изображения и зернистости. Здесь может возникнуть другая проблема, связанная с потерей четкости изображения (так как зерно киноплёнки является частью изображения, а при попытке устранить зернистость теряется фокус).

Реставрация фильма со сложными дефектами может занять продолжительное время. На этапе автоматической чистки для каждого плана фильма подбираются параметры фильтров (процедур по устранению дефектов): царапин, пыли, склеек. Для чистки кадров от пыли устанавливаются размер частиц, контрастность, а также метод восстановления области: нахождение межкадровой разницы или средней составляющей соседних пикселей. Склейки устраняются вручную или при помощи специального эффекта сложением зерна и шумов за счет интерполяции деформированной области.

Применение специальных методов сканирования позволяет автоматизировать и упростить процесс коррекции потертостей и царапин изображения. Для автоматического отделения изображения дефектов от сюжета при сканировании фильма используется ИК-излучение с длиной волны 800–1000 нм. Этот интервал длин волн превышает спектральный диапазон поглощения красителей цветных многослойных кинолент и входит в область чувствительности кремниевых сенсоров. ИК-излучение проходит через киноленту практически независимо от плотности красителей, но, как и видимый свет, рассеивается на царапинах. Следствием этого является невозможность дифференцирования дефектов по поверхности киноленты. В черно-белых фильмовых материалах металлическое серебро, образовавшееся после проявления, задерживает ИК-излучение в зависимости от плотности почернения, поэтому данный метод выделения дефектов не подходит [3, с. 7].

Отделение дефектов киноленты от сюжетной части также возможно при последовательном сканировании киноленты в диффузном и направленном свете. Освещение киноленты рассеянным светом при сканировании маскирует пыль и мелкие дефекты. В направленном свете, наоборот, видны все дефекты и пыль на поверхностях киноленты. Изображение дефектов получается вычитанием первого изображения из второго. Данный метод применим к цветным и черно-белым кинолентам.

Этап ручной чистки представляет собой покадровый просмотр фильма и устранение дефектов, которые не удалось исправить автоматически. Для удобства работы кинофильм делится на четыре части, и каждая из них про-

сматривается отдельно. Мелкая пыль, волосинки в рамке кадра, засветки, рваные кадры, царапины – вот лишь часть проблем, с которыми приходится бороться во время покадровой реставрации. Если в кадре динамичное движение камеры или объектов, много деталей, взрывы, дождь или фильм чернобель – это усложняет работу по реставрации.

Когда первичная реставрация завершена, фильм еще раз просматривается целиком. Если есть какие-то дефекты, которые не удалось убрать, вызывает комплекс компьютерной графики. Чаще всего это очень сложная работа, где специалистам по графике приходится создавать маски или вырезать какой-то цвет. Все зависит от характера дефектов.

Параллельно с реставрацией изображения происходит восстановление звука. Убираются щелчки, потрескивания, выполняется синхронизация звука с изображением [2, с. 62].

Повышение качества киноизображения может достигаться путем увеличения числа смены кадров с использованием метода интерполяции (нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений) [1]. В данном случае алгоритм интерполяции сводится к тому, что необходимо сконструировать видеопоследовательность, которая будет иметь отличающуюся от исходной частоту смены кадров, путем изменения общего числа кадров в видеопотоке (например, исходная частота 24 кадр/с, на выходе должно получиться 48 кадр/с). С помощью алгоритмов интерполяции также можно добиться восстановления поврежденных кадров кинофильма или частей кадра. Во избежание появления нежелательных артефактов и искажений после обработки методами интерполяции алгоритмы должны быть адаптированы к движению объектов на экране. Важной причиной появления искажений является также отсутствие ранее производимых преобразований с оцифрованной фильмокопией и оптимальный выбор метода компрессии.

С приходом цифровых технологий технические трудности, связанные с реставрацией кинофильмов, находящихся на архивном хранении, становятся не столь существенными. Появилась возможность повысить качество передачи движущихся объектов в киноизображении путем увеличения частоты смены кадров, производимого с использованием интерполяционных методов. В результате чего движения на экране обретают плавность и становятся более близки к реальным. В современных кинотеатрах уже имеется оборудование, способное производить проекцию кинофильмов с увеличенной частотой смены кадров на экран. Таким образом, можно подарить вторую жизнь до сих пор любимым советским кинофильмам.

Список литературы

1. *Гришин С., Ватолин Д.* Обзор методов преобразования частоты кадров видео // Компьютерная графика и мультимедиа. 2006. Вып. № 4(2). URL: <http://www.cgm.computergraphics.ru/content/view/111> (дата обращения: 19.04.2015).
2. *MediaVision.* 2015. № 10/60.
3. *Стичихин А. М.* Разработка методов и средств автоматизации и контроля поверхностного износа киноленты с использованием оцифровки изображения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: СПб.: СПбГИКИТ, 2012.

Научный руководитель: *И. В. Газеева*, канд. техн. наук, доцент кафедры киновидеоаппаратуры СПбГИКИТ.

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МИГАНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Существует множество искажений изображения, которые возникают вследствие его дискретизации по времени. Такими искажениями являются мелькания, стробоскопический эффект, дробление движущихся изображений др. Мигание изображения – это одно из наиболее заметных и неприятных для глаза искажений.

Довольно часто мигания изображения путают с мельканиями, хотя причины их возникновения различны.

Мелькание изображения – высокочастотные колебания яркости изображения на экране. При кинопроекции фильма с пленочного носителя с частотой 24 кадр/с мелькания происходят с удвоенной частотой – 48 Гц [1]. Следует заметить, что в цифровых кинопроекторах с DMD- и LCD-матрицами проблема мельканий полностью решена. Яркость изображения, проецируемого DMD-проектором, изменяется с высокой частотой по принципу импульсно-кодовой модуляции. В изображении, проецируемом LCD-проектором, яркость изменяется от кадра к кадру и при этом отсутствуют интервалы времени между кадрами, когда оно гаснет.

Мигание изображения – низкочастотные колебания яркости изображения, которые, например, возникают при условии, что объект съемки освещен источником света, интенсивность светового потока которого пульсирует (при этом частота пульсации обычно имеет высокую частоту, незаметную для глаза). Мигания появляются вследствие биения частоты пульсации интенсивности источника света и частоты съемки. В результате этих биений яркость последовательных кадров имеет различные значения. Рассмотрим процесс возникновения миганий изображения более подробно.

Существует несколько причин возникновения миганий изображения. Первой и наиболее распространенной является использование источника света с пульсирующим световым потоком. Характерной особенностью таких миганий является их периодичность. Пусть объект съемки освещается газоразрядным источником света, питаемым от сети переменного тока 50 Гц (50 Гц – промышленная частота питания в России, а в США и Японии – 60 Гц). Частота киносъемки равна $\nu_c = 24$ кадр/с.

Эквивалентная схема преобразований сигнала при дискретизации представлена на рис. 1

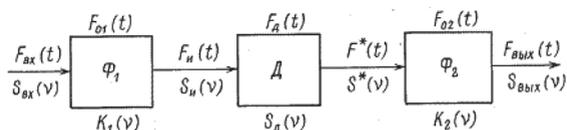


Рис. 1. Эквивалентная схема преобразований сигнала при дискретизации

Яркость объекта съемки, т. е. входной сигнал изображения изменяется во времени t по гармоническому закону согласно формуле

$$F_{\text{вх}}(t) = 1 + \cos 2\pi\nu_0 t, \quad (1)$$

где ν_0 – частота колебаний яркости газоразрядного источника света, которая обычно в два раза больше частоты переменного тока питания, т. е. при частоте питания 50 Гц $\nu_0 = 100$ Гц.

Анализ выходного сигнала для данной задачи удобней провести в спектральной области.

Спектр входного сигнала находится прямым преобразованием Фурье выражения (1):

$$S_{\text{вх}}(\nu) = \delta(\nu) + 0,5\delta(|\nu| - \nu_0). \quad (2)$$

Спектр исходного сигнала (рис. 2) может быть найден с помощью формулы

$$S_{\text{н}}(\nu) = S_{\text{вх}}(\nu) K_1(\nu). \quad (3)$$

Предположим вначале, что фильтр Φ_1 на входе не осуществляет фильтрацию временных частот и его временная частотная характеристика $K_1(\nu) = 1$. В этом случае спектр исходного сигнала $S_{\text{н}}(\nu) = S_{\text{вх}}(\nu)$.

Спектр сигнала после его дискретизации D .

$$S^*(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_{\text{н}}(\nu - n\nu_c). \quad (4)$$

Выражение (4) показывает, что в результате дискретизации в спектральном пространстве, кроме спектра $S_{\text{н}}(\nu)$ исходного сигнала, появляется бесчисленное множество смещенных спектров (см. рис. 2), которые полностью повторяют спектр исходного сигнала и отстоят от него на интервалах, кратных частоте дискретизации $\nu_c: \pm\nu_c, \pm 2\nu_c, \pm 3\nu_c, \dots \pm n\nu_c$. При условии, что $\nu_c = 24$ кадр/с и $\nu_0 = 100$ Гц найдем спектр дискретизированного сигнала (рис. 2):

$$S^*(\nu) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} S_{\text{н}}(\nu - n24) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} [\delta(\nu - n24) + 0,5\delta(|\nu| - 100 - n24)].$$

Спектр выходного сигнала находится по формуле

$$S_{\text{вых}}(\nu) = S^*(\nu) K_2(\nu). \quad (5)$$

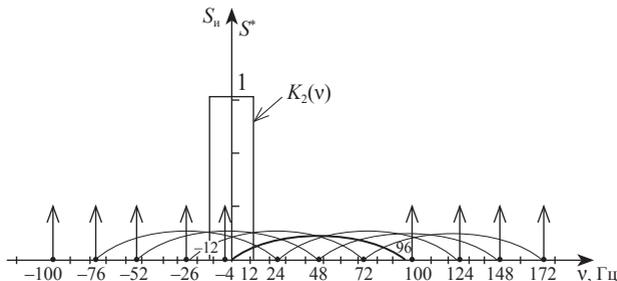


Рис. 2. К нахождению спектра выходного сигнала

Будем считать, что на выходе системы применен идеальный фильтр Φ_2 , подавляющий частоты $\nu_c/2$, большие временная частотная характеристика (ВЧХ) которого равна:

$$K_2(\nu) = \text{rect}(\nu/24). \quad (6)$$

В пределах ВЧХ фильтра Φ_2 находятся составляющие спектра только с частотой ± 4 Гц, соответствующие $n = \pm 4$, а остальные составляющие полностью подавлены фильтром Φ_2 . Таким образом, если на вход кинематографической системы подано изображение, изменяющееся с частотой, то на выходе будет получено изображение, изменяющееся с частотой. С учетом ВЧХ зрительного анализатора (рис. 3) глаз очень чувствителен к колебаниям яркости с низкой частотой.

Для устранения миганий изображения питание источников света в павильонах киностудий осуществляется через выпрямители напряжения.

Другим способом устранения искажений является установка частоты съемки/проекции таким образом, чтобы она была кратной частоте тока сети, питающей источник света, т. е. в нашей стране для этого удобна частота 25 кадр/с.

Однако если киносъёмочный аппарат подавит частоту, то рассмотренные искажения будут полностью устранены даже при питании источников света переменным током. ВЧХ киносъёмочного аппарата, определяется формулой

$$K_1(\nu) = \sin c(\pi\eta_0\nu/\nu_c),$$

где η_0 – коэффициент обтюрации, который находится согласно выражению:

$$\eta_0 = t_b/T_c = \alpha_0/360^\circ,$$

где t_b – время выдержки; T_c – период смены кадров; α_0 – угол раскрытия обтюлятора.

Следовательно, необходимо выполнить условие

$$K_1(100) = \sin c(\pi\eta_0 100/\nu_c) = 0.$$

Функция $\sin c$ обращается в ноль при аргументах, равных π , 2π , 3π , ... Поэтому для полного подавления частоты необходимо выполнить условие

$$\pi\nu_0\eta_0/\nu_c = \pi 100\eta_0/24 = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$$

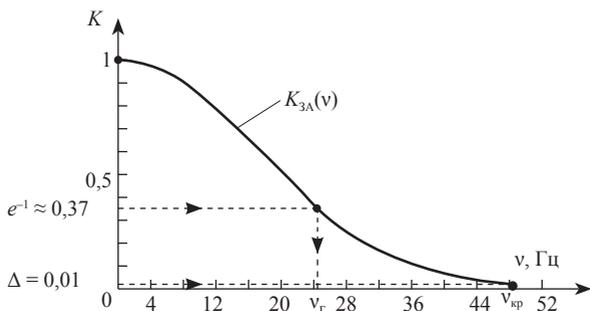


Рис. 3. Временная частотная характеристика зрительного анализатора

Из этого равенства находим $\eta_0 = 0,24; 0,48; 0,72, \dots$. Следовательно, угол раскрытия обтюратора должен быть равен $\alpha_0 = 360^\circ \cdot \eta_0 = 86,4^\circ; 172,8^\circ$ или $259,2^\circ$. Обычно при киносъемках принимают $\alpha_0 = 172,8^\circ$. Во многих киносъемочных аппаратах с записью изображения на киноленту предусмотрена возможность установки в случае необходимости угла раскрытия обтюратора, равного $172,8^\circ$ [2]. Однако изменение времени выдержки цифровой камеры не всегда возможно. Такая опция имеется только в дорогих профессиональных цифровых камерах, а в любительских камерах она не предусмотрена.

Второй причиной появления миганий изображения может являться пересъемка с киноэкрана или монитора. Мигания изображения возникают вследствие несинхронной работы съемочной камеры с проецируемым изображением. Причем в данном случае мигания изображения могут сопровождаться дополнительным перемещением в вертикальном направлении темных горизонтальных полос [1]. Такие перемещающиеся полосы возникают, например, если переснимать изображение с электронно-лучевой трубки, на которой изображение выводится построчно (каждую строку электронный луч сканирует последовательно). Также перемещающиеся темные полосы могут появиться, если в цифровой камере используется матрица КМОП с построчным считыванием зарядов, с так называемым шторным электронным затвором (англ. Rolling shutter).

Еще одной причиной появления миганий изображения может стать цейтраферная съемка (более известное название «таймлапс»). Цейтраферная съемка – это покадровая замедленная съемка, при которой период смены кадров может составлять от нескольких секунд до нескольких часов. В этом случае мигания могут быть обусловлены суточными изменениями освещенности и спектрального состава света [3].

Таким образом, проблема миганий изображения сегодня является актуальной и в процессе съемки не всегда удается избежать их появления.

Для устранения миганий изображения в уже снятом видеоматериале могут использоваться цифровые методы обработки.

Бороться с миганием изображения позволяет видеоредактор Adobe Premiere Pro [4] с помощью специальных плагинов. Мы протестировали плагины Digital Anarchy Flicker Free и BCC Flicker Fixer.

Плагин Digital Anarchy Flicker Free анализирует яркость некоторого количества кадров (до 21 кадра), расположенных рядом с текущим кадром, пересчитывая, какое значение яркости должно быть для текущего кадра (рис. 4). Прodelывая это для каждого кадра, Flicker Free корректирует яркость для каждого кадра, что приводит к устранению миганий. Количество анализируемых кадров устанавливается предварительно, и чем их больше, тем эффективнее устраняются мигания, но при этом процесс обработки становится более длительным. Также данный плагин позволяет выставить чувствительность и пороговое значение яркости. Flicker Free исправляет мигания, возникающие вследствие различных причин, описанных ранее. Для этого задаются специальные настройки, направленные на ту или иную причину искажения [5]. Тестирование плагина показало, что он достаточно эффективно борется с миганиями и в том числе с перемещающейся темной полосой, однако был выявлен недостаток Flicker Free – при обработке сцен с быстро движущимися объектами вокруг них возникает смазанный след.

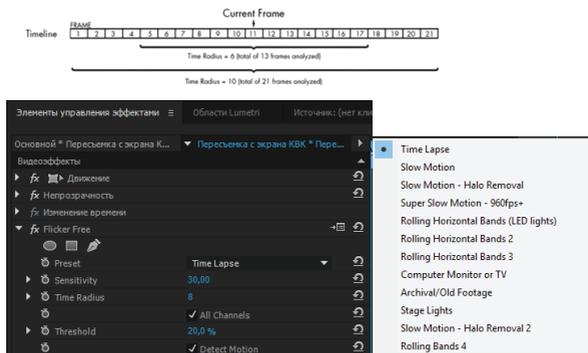


Рис. 4. Схема работы плагина Digital Anarchy Flicker Free и его настройки

Также был рассмотрен плагин BCC Flicker Fixer от BorisFX. Но этот плагин имеет более узкое назначение – он исправляет только мигания, возникающие при TimeLapse [6].

Из сказанного следует, что проблема возникновения миганий изображения является очень серьезной. Известны методы борьбы с ними на этапе съемки, однако не всегда удается их предотвратить. Устранить мигания в отснятом видеоматериале можно при помощи существующих плагинов. Совершенствование цифровых методов устранения миганий изображения сегодня является актуальной задачей исследований.

Список литературы

1. Гребенников О. Ф., Тихомирова Г. В. Основы записи и воспроизведения информации (в аудиовизуальной технике): учеб. пособие. СПб.: СПбГУКиТ, 2002.
2. Тихомирова Г. В., Газеева И. В., Кузнецов С. А. Основы записи и воспроизведения информации: лаб. практикум. СПб.: СПбГУКиТ, 2011.
3. Цейтраферная киносъемка. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Замедленная_киносъемка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Замедленная_киносъемка) (дата обращения: 18.03.2016).
4. Adobe premiere Pro CS6. URL: <http://www.adobe.com/ru/products/ premiere.html> (дата обращения: 10.03.2016).
5. Руководство по эксплуатации Flicker Free Manual ©2014 Digital Anarchy, Inc. URL: http://www.digitalanarchy.com/manuals/ FlickerFree_Manual_1.0.pdf (дата обращения: 01.03.2016).
6. BCC Flicker Fixer. URL: <https://www.borisfx.com/products/continuum-complete/?host=adobeHost> (дата обращения: 01.03.2016).

Научный руководитель: *И. В. Газеева*, канд. техн. наук, доцент кафедры киновидеоаппаратуры СПбГИКиТ.

РЕЗОЛЮЦИЯ ФОРУМА

По итогам Межвузовского научно-практического форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Неделя науки и творчества», посвященного Году российского кино (18–22 апреля 2016 г.), его участники считают необходимым констатировать следующее:

1. В настоящее время Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения проводит подготовку разноплановых специалистов для сферы кинопроизводства и телевидения, что нашло отражение в тематике секций форума. Была организована работа 15 секций, в рамках которых проведено 26 научно-творческих мероприятий разного уровня (межвузовских, региональных, международных), в том числе круглых столов и мастер-классов, на которых сделано 468 докладов представителями 26 вузов и различных организаций.

2. Участники форума считают, что современное российское кинообразование должно строиться на конвергентном практико-ориентированном подходе, включающем научную, творческую и практическую составляющие. Организация открытой площадки регулярного обмена теоретическим и прикладным опытом в области теории и практики киноискусства, социально-культурной деятельности и телевидения позволит занять Санкт-Петербургскому государственному институту кино и телевидения позицию лидера по гармонизации отношений киновузов и прочих вузов Министерства культуры РФ и профессионального кинообщества, включая профессиональные гильдии продюсеров, теле- и радиовещателей и работников кино.

3. По мнению участников, для подготовки компетентных специалистов, адаптированных к реалиям современного кинобизнеса, необходимо активно вовлекать обучающихся в научно-практические и творческие мероприятия различного уровня, что позволит более эффективно формировать будущий кадровый потенциал. При этом повышение уровня организации мероприятий будет способствовать привлечению к участию в них потенциальных работодателей и повышению престижности института как базового вуза по подготовке кадров для отечественного кино и телевидения.

4. Участники форума находят целесообразной практику публикаций представленных на форуме работ с последующим размещением в электронной базе для популяризации проводимых научных исследований и творческих изысканий, привлечения потенциальных инвесторов для финансирования работ и последующего сопровождения творческих проектов, включая выпуск дебютных работ.

Учитывая вышесказанное, участники форума рекомендуют:

1. Проанализировать возможность проведения на базе Санкт-Петербургского государственного института кино и телевидения межвузовского форума с привлечением представителей профессиональных гильдий Союза

кинематографистов России, представителей работодателей и представителей продюсерских центров.

2. Рассмотреть перспективную возможность использования для популяризации форума доступных средств медиакоммуникаций – печатных и электронных СМИ. Более полно использовать ресурсы сети Интернет, в частности рассмотреть возможность создания единого сайта научной и творческой деятельности института с размещением информации о проводимых форумах, фестивалях; издания журналов и другой актуальной информации.

3. Для повышения мотивации студентов к участию в научных и творческих мероприятиях института предусмотреть в перспективе варианты поощрения студентов – авторов победивших в конкурсах научных и творческих работ, в том числе материально – из централизованного фонда института.

4. Сборник материалов форума разместить в базе данных РИНЦ. Полные тексты публикаций в открытом доступе разместить на платформе e-library.ru.

Программный комитет

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО	5
ПРОГРАММА ФОРУМА	6

Секция

ТЕЛЕВИДЕНИЕ: СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

<i>Чемская Е. И., Галушкина М. Г.</i> Тенденции развития детского телевидения в России	13
<i>Орехова Н. А.</i> Детско-юношеское телевидение: вчера, сегодня, завтра	15
<i>Никитина С. В., Огнева А. С.</i> Подготовка специалистов для сферы телевизионного производства	19
<i>Добренькова И. А., Захаров С. М., Джанобов М. К.</i> Перспективы вертикального программирования телевизионных сериалов на российском телевидении	24
<i>Дрожжачих Д. С., Мерзлякова Д. В., Хандусь В. О.</i> Аборигенное телевидение Австралии	27
<i>Суворова Е. В., Лукьянова А. О.</i> Отличительные черты телевизионного контента на федеральных и региональных каналах	29
<i>Алфеева А. С.</i> История видеоклипа на телевидении	33
<i>Почуева В. Ю.</i> Ток-шоу на российском телевидении как отражение социокультурного положения в стране	36

Секция

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОТЕХНИКИ

<i>Денисов С. Е., Шишкин А. В.</i> Современные способы записи аудиоинформации	41
<i>Иванова Д. В.</i> Обзор бесплатных мобильных звуковых приложений для Android	45
<i>Мальков А. М.</i> Ламповый усилитель мощности сигналов звуковой частоты	50
<i>Мальков А. М., Орлова М. В.</i> Лабораторные макеты функциональных устройств на основе операционных усилителей	53
<i>Марков Л. А., Стратонников А. А.</i> Современная система объемного звука Varco	55
<i>Мирзаянова С. В.</i> Графические методы анализа аудиосигналов	57

<i>Мосина А. П., Доленджаивили Е. А.</i> Современные переносные устройства записи и обработки аудиосигналов.	62
<i>Никулина А. Г., Воробьева И. А.</i> 3D-системы в современных кинотеатрах . .	67
<i>Огаркова В.</i> Спецэффекты для бас-гитары	69
<i>Сайфуллин И. М.</i> Шум в метро	74
<i>Шашкина А. С.</i> Радиотехнические приложения лавинного пробоя	81
<i>Туманова Ю. В.</i> Интерферометры.	82
<i>Мирзаянова С. В.</i> Цифровые датчики сигналов.	85
<i>Байтимиров А. Д., Шустрова М. Л.</i> Разработка автоматизированной установки для поверки измерительных приборов давления	91
<i>Байтимиров А. Д., Шустрова М. Л.</i> Беспроводные технологии в промышленных системах автоматизации.	94
<i>Яманов И. И., Шустрова М. Л.</i> К вопросу разработки электронных модулей по учебным дисциплинам	99
<i>Яманов И. И., Шустрова М. Л.</i> Концепция автоматизированной оцифровки графической исследовательской информации	104

Секция
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА И ИНФОРМАТИКА
В МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

<i>Маргасов А. Н.</i> Новое представление о формировании и преобразовании голоса	111
<i>Шоломов И. А.</i> Акустика концертного зала на 1000 мест	112
<i>Вдовин И. А.</i> Акустический расчет концертного зала на 600 человек.	117
<i>Андреанова К. В.</i> Проектирование конденсаторного микрофона для систем звукоусиления	123
<i>Бабич А. И.</i> Проектирование двухполосных акустических систем для бытового использования	126
<i>Батаруев Н. А., Геращенко У. О.</i> Черные дыры и кротовые норы. Мифы о путешествии во времени	129
<i>Волкова К. В., Исиченко О. К.</i> Оконное преобразование Фурье	131
<i>Сабирова Ф. Р.</i> Электронный каталог приборов измерения расхода, состава и качества.	137
<i>Грибанов А. А., Чижев С. В.</i> Влияние электропроводности жидкой фазы на физико-химические процессы в реакторе двойного электрического слоя.	140

<i>Дерябина Н., Нейленко А.</i> Компьютерные игры в продвижении кинофильмов	142
<i>Елисеева Ю. А.</i> Акустический расчет зрительного зала для воспроизведения симфонической музыки.	145
<i>Ермаков М. Г.</i> Динамический микрофон для вокального пения	151
<i>Жданов С. С., Рафиков Ф. Ф.</i> Методика внедрения образовательного комплекса «информационные системы и технологии»	153
<i>Калоев Р. М.</i> Измерение скорости удара	157
<i>Ковальская Е. А.</i> Конденсаторный микрофон для студийной звукозаписи ..	159
<i>Корчагина А. С.</i> Компьютерное моделирование длинных акустических цепочек.	164
<i>Мамедова А. Ф.</i> Исследование эффекта Мпембы	168
<i>Морданов Н. Р.</i> Средства виртуальной акустической обработки помещения	171
<i>Муравьева А. И.</i> Способ улучшения голоса человека	174
<i>Устинова А. И.</i> Электродинамические головные телефоны	178
<i>Шашкина А. С.</i> Микроплазменный шум: новые свойства и перспективы ..	180
<i>Шамаева С. М.</i> Частотный шумоподавитель	183
<i>Алешин Т.</i> Связь акустических характеристик эмоционально окрашенной речи с функциями модуляционной теории обработки сигналов	187
<i>Алешин Т.</i> Применение характеристик модуляционного анализа речевого сигнала для определения эмоционального окраса речи	192

Секция

ТЕХНОЛОГИИ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

<i>Абросимова М. А.</i> Использование уравнения диффузии для расчета звукового поля в помещении	199
<i>Андреева В. В., Русинов Н. И.</i> Выбор рациональной схемы построения цветоделительной системы видеопроектора	204
<i>Екимова Н. Ю., Кравченко М. В.</i> Влияние загрязнений линз на светорассеяние объектива и контраст изображения	208
<i>Кравченко М. В., Екимова Н. Ю.</i> Способы чистки линз от некоторых видов загрязнения в ходе эксплуатации	213
<i>Русинов Н. И., Андреева В. В.</i> Компьютерное моделирование светодиодного осветителя с фоконной оптикой для видеопроектора	216

<i>Степанова А. С.</i> Использование лазерных источников света в качестве осветительных приборов кинопроекционной аппаратуры	221
<i>Хайруллина В. В.</i> Реставрация архивных кинофильмов с технологией повышения качества движущегося изображения	225
<i>Юдин С. А., Газеева И. В.</i> Причины возникновения миганий изображения и методы борьбы с ними	229
РЕЗОЛЮЦИЯ ФОРУМА	234

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НЕДЕЛЯ НАУКИ И ТВОРЧЕСТВА

Материалы Межвузовского научно-практического форума
студентов, аспирантов и молодых ученых,
посвященного Году российского кино

18–22 апреля 2016 г.

Часть 5

Редактор *Л. Н. Горбачева*
Компьютерная верстка *С. И. Рожковой*

Подписано в печать 16.06.2016. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Печ. л. 15,0. Усл.-печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 17,4. Тираж 500 экз. Заказ 65.

СПбГИКиТ. 191119, Санкт-Петербург, ул. Правды, 13.
ИзПК СПбГИКиТ. 192102, Санкт-Петербург, ул. Бухарестская, 22.