

ПРИМЕНЕНИЕ
АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ИССЛЕДОВАНИЯ
В МУЗЫКОЗНАНИИ

Сборник статей

под редакцией
проф. С. С. СКРЕБКОВА

Е. Назайкинский, Ю. Рагс

О ПРИМЕНЕНИИ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В МУЗЫКОЗНАНИИ

Все большее сближение естественных и гуманитарных наук, активное вторжение точных физико-математических методов исследования в такие области, как психология, языкознание, эстетика,— чрезвычайно характерное явление современности. На стыке ранее отдельно развивавшихся научных направлений в настоящее время возникают новые науки.

Этот процесс нашел отражение и в музыкознании. В работах о музыкальном слухе и восприятии, о музыкальном звучании, о различных видах творческой деятельности музыкантов музыковеды начинают опираться на результаты экспериментальных исследований, выполненных с помощью той или иной аппаратуры.

Большое значение имеет здесь применение современных электроакустических приборов. В последние десятилетия значительно расширился круг проблем, связанных с музыкальной акустикой. В сущности, невозможно назвать ни одной области музыкальной теории и практики, где нельзя было бы использовать данные музыкальной акустики и ее средства для объективного изучения музыкальных явлений.

В связи со всем этим встает целый ряд важных вопросов: о возможностях приборов-анализаторов, о сфере применения точных экспериментальных способов анализа в музыкознании, о методике научных исследований, опирающихся на эти способы и дающих материалистическое объяснение творческим явлениям.

Одним из вопросов, возникающих в первую очередь, если речь идет об использовании техники в музыкальных исследованиях, является вопрос о том, можно ли слух музыканта за-

менить акустическими приборами при анализе музыкального звучания. Этот вопрос, таящий в себе сомнения в целесообразности вторжения техники в искусство, отчасти правомерен. Скрытые за ним сомнения объясняются в известной степени тем, что музыканты нередко имеют слабое представление о возможностях электроакустической аппаратуры, о ее определенных преимуществах по сравнению со слухом.

Слух музыканта — совершеннейший естественный аппарат, превосходящий все известные до сих пор акустические и электроакустические приборы по способности сочетать тонкий анализ отдельных сторон музыкального звучания с обобщенным эстетическим восприятием всего комплекса музыкально-выразительных средств. Музыкальный слух базируется не только на непосредственных воздействиях звуков на слуховой орган, но и на богатом эстетическом опыте, на всем запасе эстетически ценных представлений, ассоциаций, переживаний, чувств, мыслей. Ни один из приборов не может сравниться со слухом человека по этой широте и одновременно дифференцированности анализа.

И все же в некоторых отношениях слух уступает приборам-анализаторам¹. Современная аппаратура в сравнении со слухом человека имеет ряд важных для исследователя преимуществ, позволяющих ему глубоко проникать в микромир изучаемых музыкальных явлений.

Во-первых, она, как правило, далеко превосходит возможности человеческого слуха по своей точности. Это относится в первую очередь к анализу таких элементов музыкального звука, как высота, громкость и тембр.

Для определения высоты звука сейчас применяются приборы, точность показаний которых во много раз превышает точность слуха квалифицированного музыканта. Так, например, при сравнении очень близких по высоте длительных звуков музыканты могут уверенно определять лишь различия, составляющие не менее 5—6 сотых долей полутона (центов), тогда как современные приборы реагируют на изменения, равные одному центу. При оценке интонирования мелодии, когда каждый звук длится доли секунды, точность слуха значительно снижается и равняется 20—25 центам; приборы же при анализе мелодии обеспечивают точность до 3—4 центов. Еще больше сказывается преимущество приборов при определении высоты звуков в крайнем высоком и в крайнем низком регистрах, где способности нашего слуха значительно ослаблены.

Для исследований громкости используются приборы, точность которых в десять и более раз превышает чувствительность слуха к минимальным изменениям громкости. Еще

¹ Здесь сразу же следует отметить, что это ни в какой степени не относится к художественной оценке музыкальных произведений, к целостному музыкальному восприятию.

более велика разница в точности между приборами и слухом, если сравниваются звуки, значительно различающиеся по громкости.

Точный анализ тембра вообще невозможен с помощью одного только слуха. Это относится ко всем элементам, из которых складывается тембр, и особенно — к составу звука. Как известно, музыкальные звуки состоят из основного тона и призвуков, называемых частичными тонами или обертонами. Соотношение между ними по интенсивности и по высоте во многом определяет своеобразие тембра. Человеческий слух не может расчлененно воспринять частичные тоны. В лучшем случае при направленном внимании воспринимаются лишь некоторые наиболее сильные из них. Общая картина спектра звука, в которой выявляются соотношения между частичными тонами как по высоте, так и по интенсивности, в которой фиксируются всевозможные негармонические и шумовые призвуки, может быть получена лишь с помощью специальной акустической аппаратуры. Таким образом, по отношению к анализу состава звука вообще даже не встает вопрос о сравнении точности слуха и аппаратуры.

Приведенные примеры дают достаточно ясное представление о возможностях приборов в отношении точности.

Другое важное преимущество современной аппаратуры по сравнению со слухом заключается в следующем: она обеспечивает результатам анализа научную объективность, достоверность. Это выражается в том, что показания приборов определяются объективными свойствами анализируемого звука и их зависимость от привходящих обстоятельств может быть учтена. Как бы ни старался быть беспристрастным музыкант, анализирующий музыкальное звучание, он постоянно подвергается воздействию переменных физиологических, психологических, музыкальных и других факторов. Например, при определении на слух точности исполнительского интонирования большое значение имеют и степень развития звуковысотного слуха, и состояние, настроение музыканта; на определение высоты могут повлиять и динамические оттенки, и тембр инструмента, и ладовые особенности мелодии, и целый ряд других взаимосвязанных факторов. Прибор же отметит высоту любого звука в точных величинах независимо от того, в каком контексте находится этот звук.

Объективность, достоверность выражается также в том, что приборы дают результаты измерений в виде определенных, имеющих количественное выражение величин. Степень изменений громкости прибор выразит, например, в децибелах, в то время как музыкант может охарактеризовать эти различия лишь качественно, причем в зависимости от конкретных условий одна и та же степень динамического контраста будет оцениваться им по-разному. Понятно, что в силу этого лишь по-

казания приборов сохраняют свою достоверность во всех случаях и пригодны для сравнительного анализа.

Наряду с точностью, объективностью, следует отметить и такое преимущество современной акустической аппаратуры, как возможность документальной фиксации музыкального звучания исполняемого произведения, а также результатов измерений в виде осциллограмм, графиков, цифровых данных и т. п. иногда даже непосредственно в процессе самого анализа. Особенно большое значение приобретает эта возможность при анализе быстропроходящих процессов, например при анализе различных элементов музыкального исполнения. Так, при изучении темповых и динамических особенностей музыкального произведения необходимо постоянно сравнивать различные моменты исполнения. Несомненно, что при некотором музыкальном опыте вполне возможен слуховой анализ многих агогических и динамических нюансов исполнения, причем такой анализ практически часто бывает достаточным. Однако для исследовательской работы этого оказывается мало, и становится необходимым привлечение как звукозаписи, так и графических расшифровок ритма, динамики, интонирования, выполненных с помощью акустической аппаратуры.

Точная объективная документальная фиксация в настоящее время облегчается высокоразвитой техникой магнитной звукозаписи, которая позволяет многократно повторять музыкальный отрывок, дает возможность останавливаться на определенных моментах звучания. Магнитофонная лента может использоваться не только как «орган памяти». С ее помощью звук может быть «удлинен» — как бы остановлен, может быть перенесен в какой-нибудь другой регистр. Перенесение в низкий регистр, связанное с замедлением воспроизведения, облегчает непосредственный анализ быстропроходящих процессов. Изменение скорости и интенсивности воспроизведения дает возможность повысить точность анализа.

Уже сама по себе звукозапись представляет особый вид документальной фиксации музыкального исполнения, первичную основу анализа, материал для исследования. Другая форма фиксации — графические расшифровки — ценна тем, что позволяет выражать в точных величинах все ритмические, динамические и другие нюансы звучания, позволяет углубиться в детали, тонкости исполнения и более полно изучить художественные возможности различных сторон музыки¹.

Возможность фиксации результатов музыкально-акустических измерений в виде цифровых данных, графиков, осциллограмм позволяет накопить большой документальный материал для анализа и обобщения в самых различных аспектах.

¹ Конкретные примеры таких графиков, таблиц, осциллограмм, описания методов их получения и анализа содержатся в статьях сборника.

Итак, важнейшими качествами приборов-анализаторов, ценными для исследовательской работы, являются точность, объективность, возможность документальной фиксации результатов анализа.

Краткое рассмотрение возможностей электроакустической аппаратуры позволяет сделать вполне определенные выводы. Применение точных методов анализа музыкального звучания и восприятия, фиксация объективных данных с помощью точных приборов могут дать много ценного материала для развития современной музыкальной науки. Необходимо более широко знакомить музыкантов, занимающихся изучением исполнительского творчества, с богатыми возможностями этих методов исследования. Необходимо бороться с существующим еще в среде музыкантов недоверием к использованию техники для изучения явлений искусства.

В каких же направлениях может быть использована электроакустическая аппаратура и основанная на ее применении методика исследований?

Перечислим некоторые вопросы музыкальной теории, особенно тесно связанные с музыкальной акустикой.

Это — вопросы, касающиеся особенностей восприятия отдельных качеств музыкальных звуков — высоты, громкости и тембра. Как известно, восприятие этих качеств зависит от целого ряда акустических условий, которые необходимо принимать во внимание при анализе музыкального звучания.

Это — такие кардинальные вопросы музыкальной теории, как вопросы консонанса и диссонанса, музыкального лада, музыкального строя. Они, несомненно, могут получить новое освещение при рассмотрении их в тесной связи с реальным звучанием музыки. Так, например, при использовании в анализе точных документальных данных, отражающих процесс исполнения, глубокое развитие могла бы получить мысль об известной зависимости лада и интонации от традиций живого исполнения, неоднократно высказывавшаяся в работах по музыкальной эстетике, особенно в трудах академика Б. В. Асафьева.

Естественно, что музыковеды, исследуя музыкальные явления, в своей работе постоянно опираются на слуховые наблюдения, на свой слуховой опыт. Однако материал этих наблюдений часто бывает слишком субъективным, недостаточно точным, в нем не может быть полностью отражена вся картина исполнения. Применение приборов устраняет эти препятствия, позволяет получить более полный и объективный материал.

Аппаратурные возможности могут быть использованы, например, и для сравнительного изучения тональной организации речи и музыки, что очень важно для обоснования эстетической теории о связях музыки и речи.

Уже перечисленные вопросы показывают, насколько разнообразным может быть использование акустической аппаратуры для разрешения проблем музыкальной теории.

Другой сферой применения результатов точных акустических исследований является теория исполнительства.

Одним из центральных является здесь вопрос о связях звуковысотного интонирования, темпа, динамических оттенков и других элементов музыкального исполнения со строением произведения, с мелодией, гармонией, фактурой и т. д. В этой области особенно тесно соприкасаются интересы теоретиков и исполнителей.

До последнего времени основным объектом исследований в музыковедении являлось композиторское творчество, достаточно полно отражаемое в самой нотной записи. Применение акустической аппаратуры, фиксирующей различные стороны музыкального звучания, дает объективную основу для исследования исполнительского творчества.

Используя приборы, точно фиксирующие, например, высоту звука, можно установить, каким образом изменяется исполнительская интонация в процессе развития музыкальной мысли, как она связана со звуковысотным рисунком мелодии, с ее ритмической организацией.

Подобное детальное изучение отдельных элементов музыкального исполнения, изучение особенностей восприятия несомненно будет способствовать дальнейшему развитию и конкретизации теории исполнительства.

В свою очередь результаты таких исследований могут широко использоваться в музыкальной педагогике, в процессе воспитания музыкантов.

В практике преподавания сольфеджио возникает, в частности, вопрос об интонировании отдельных ступеней лада в зависимости от их ладовых функций, от мелодического и гармонического развития. В связи с введением так называемых тембровых диктантов требуется разрешить вопрос о влиянии тембра на восприятие высоты. Известно, что непривычные новые тембры затрудняют определение высоты для учащегося, занимавшегося до этого только с фортепиано. Изучение особенностей развития музыкального слуха также может дать ценный материал для практических курсов сольфеджио.

Особенно большое значение точные методы исследования приобретают для вокальной педагогики. Певцы — исполнители и педагоги — ставят перед музыкальной акустикой и физиологией самые различные задачи. Одной из важнейших является задача изучения объективных характеристик разных регистров голоса и так называемых переходных звуков. Большой интерес представляет собой определение акустических и физиологических критериев хорошего певческого голоса. Это одна из наиболее трудных проблем.

Решение этих, а также целого ряда других аналогичных задач совершенно необходимо для разработки научно обоснованной современной методики преподавания пения.

Большую роль могут сыграть акустические исследования в деле создания звучащих пособий — звуковых музыкальных примеров, записанных на пластинку или магнитофонную ленту, иллюстрирующих различные положения курсов элементарной теории музыки, сольфеджио, инструментовки и других дисциплин.

Приведенных примеров достаточно, чтобы убедиться в том, насколько широкой может быть сфера применения электроакустической аппаратуры и точных экспериментальных методов исследования.

Чрезвычайно важными для музыковедческой работы, в которой используются экспериментальные способы получения фактического материала с помощью электроакустической или какой-либо другой аппаратуры, являются вопросы методологии, вопросы, связанные с особенностями применения способов научного анализа.

Изучение появившихся за последние десятилетия исследований музыкальных явлений показывает, что не всегда использование экспериментальных данных идет по верному методологическому пути и не всегда оно дает возможность сделать ценные для теории и практики выводы. Музыкальное искусство — результат творческой деятельности человека — требует от исследователя большой осторожности в применении объективных методов анализа, правильного выбора этих методов и умения оценить полученные данные с позиции музыканта-художника. Именно это является наиболее трудной задачей в работах, опирающихся на объективный фактический материал.

Эстетическая оценка объективных закономерностей и их роли в исполняемом музыкальном произведении необходима в научном исследовании. Но эта оценка не выводится механически из показаний каких-либо приборов. Следует предостеречь музыкантов, использующих в своей работе акустическую аппаратуру, от опасности отождествления объективных, точных, но неизбежно односторонних показаний приборов с эстетической оценкой тех или иных сторон музыкального звучания. Подмена эстетических, художественных характеристик показаниями приборов недопустима ни в научных исследованиях, ни в педагогической работе.

К сожалению, такие случаи встречаются иногда в практике. Так, например, в Московской консерватории был создан уникальный прибор — индикатор верхней певческой форманты. В процессе практического освоения этого прибора были попытки рассматривать его показания, относящиеся лишь к верхней

форманте, как оценочный балл качества певческого голоса в целом. Но ведь известно, что тембр певческого голоса — чрезвычайно сложное явление, и оценка его с точки зрения художественности, музыкальности, выразительности несомненно должна базироваться на учете всей совокупности элементов, из которых формируется красивый голос. Вполне естественно, что неправильно истолкованные показания стрелки прибора противоречили бы слуховым представлениям о качестве певческого звука в целом.

Подобные случаи механического истолкования экспериментальных данных лишней раз свидетельствуют о том, насколько важна разработка методологических вопросов, связанных с применением акустических средств в исследовательской и практической работе музыканта.

Остановимся на вопросе о роли анализа и синтеза, о соотношении их в такого рода исследованиях.

Анализ и синтез как методы научного исследования на разных этапах развития музыкальной акустики имели различное значение. Как и во многих других научных дисциплинах, в музыкальной акустике на первых порах преобладающую роль играл метод анализа. Это объяснялось тем, что имелось еще очень мало фактических сведений об отдельных музыкальных звуках, и нужно было накапливать материал. К тому же в большинстве случаев имевшаяся аппаратура позволяла только анализировать.

Современное состояние музыкальной акустики и психологии, характеризующееся наличием большого количества фактических данных о различных элементах музыкального звучания, наличием специальной аппаратуры, позволяет широко применять синтез как метод научного исследования, непосредственно синтезировать музыкальные явления из отдельных элементов. Конечно, это отнюдь не означает, что метод анализа уже исчерпал себя и утратил свое прежнее значение. В настоящее время, например, по сути дела только еще начинается подробное глубокое изучение процесса музыкального исполнения, и здесь методы акустического анализа имеют очень большое значение.

Вместе с тем тот факт, что в качестве объектов исследования берутся более сложные явления, при изучении которых важно знать не только элементы, но и взаимосвязь между ними, обуславливает более широкое применение методов синтеза.

Например, когда мы исследуем вибрато, мы прежде всего расчленяем его на отдельные элементы, узнаём, что у вибрато имеется та или иная частота, та или иная ширина размаха звуковысотных изменений, их форма и т. д. Мы предполагаем при этом, что если соединить вместе все элементы, в результате получится точно такое же вибрато, какое мы анализировали. Для того чтобы убедиться в этом, проверить, не про-

пущен ли при анализе какой-либо элемент, верно ли мы представляем себе взаимодействие всех элементов и их функции, мы синтезируем их реально с помощью электроакустической аппаратуры и таким образом проверяем правильность всей работы.

Одним из стимулов для такого рода применения синтеза является изобретение электромзыкальных инструментов, в которых синтез является обязательной частью звуковоспроизведения. В некоторых инструментах синтезируются тембры, vibrato, атака звука и т. д. Эта практическая потребность синтеза вызывает более широкое применение его и в научных исследованиях.

Итак, значение синтеза в музыкально-акустических исследованиях заключается в том, что он дает возможность проверить правильность результатов анализа, проверить роль отдельных элементов, выяснить взаимосвязь между элементами целого. К сожалению, музыканты — теоретики, исполнители, педагоги — еще недостаточно используют в своей работе этот действенный метод познания, не используют технические возможности, существующие в настоящее время.

При анализе материала, полученного экспериментальным путем, большое значение имеет метод сравнения. Устанавливая в ряде музыкальных явлений сходство и различие, классифицируя на этой основе единичные факты, мы получаем материал для того, чтобы сделать выводы, во-первых, об общих закономерностях этого ряда явлений и, во-вторых, о специфических чертах, присущих каждому отдельному явлению. Последнее очень важно при анализе музыкального исполнения, в котором частности, индивидуальные моменты играют особенно большую роль.

Примером исследований первого типа являются работы известного советского музыковеда и акустика Н. А. Гарбузова, основателя акустической лаборатории при Московской консерватории. В этих работах на основе многочисленных экспериментальных данных, полученных при участии многих музыкантов-исполнителей, устанавливаются общие закономерности, выражающие взаимодействие свободной, творческой, импровизационной стороны музыкального искусства и специфической системы строгой звуковысотной и ритмической организации музыки — закономерности, имеющие большое значение в исполнительском искусстве и в музыкальном восприятии.

Изучение индивидуальных особенностей исполнения в настоящее время, по существу, только начинается. Оно с необходимостью должно следовать за изучением общих закономерностей. Такая последовательность объясняется тем, что для глубокого исследования индивидуальных особенностей недостаточно знания изолированных единичных фактов, необходимо прежде всего получить сведения об общих закономерностях.

Для установления индивидуальных моментов сравнение так же необходимо, как и для установления общих. Анализируя творчество одного исполнителя, нельзя установить, не сравнивая его с другими исполнителями, что в его творчестве является индивидуальным. Мы полагаем, что на это следует обратить особое внимание, так как на практике исследователи нередко считают себя вправе делать выводы об индивидуальных чертах творческого стиля, направления, исполнительской школы или какого-либо отдельного исполнителя, ограничиваясь анализом одного изучаемого явления.

Применение сравнения в точных экспериментальных исследованиях имеет целый ряд своих особенностей и преимуществ. Конечно, сравнение широко используется и при живом наблюдении, как это обычно и делается во многих музыковедческих исследованиях. При этом, как правило, материал из-за своей сложности не очень удобен для сравнения, а подбор и классификация его для этих целей нередко являются длительным процессом. Но сравнения значительно шире могут использоваться в экспериментальных исследованиях, так как эксперименты позволяют в довольно короткое время получить большое количество необходимого и удобного для сравнения материала.

Кроме того, само сравнение становится более точным, ибо результаты его могут быть выражены в точных величинах.

При экспериментах метод сравнения, в частности, применяется для того, чтобы выяснить характер взаимосвязи каких-либо двух элементов в определенном музыкальном явлении. Для этого экспериментальным путем целенаправленно изменяют один из изучаемых компонентов целого и наблюдают влияние этих изменений на другом компоненте или на всем явлении. Так, например, произвольно изменяя размах вибрато, или его форму, или его частоту, мы можем наблюдать, как эти изменения воздействуют на восприятие основной высоты звука с вибрато. В других случаях подобным методом можно установить воздействие отдельных элементов целого на весь комплекс, на все музыкальное явление. Изменяя, например, интенсивность отдельных гармонических тонов, входящих в состав сложного звука, мы можем установить, к каким изменениям в восприятии тембра в целом это приводит.

Точность результата, получаемого при сравнении, во многом зависит от объема экспериментального материала.

Использование опытных данных, полученных от разных музыкантов, требует соблюдения так называемого закона больших чисел. Согласно этому закону случайные отклонения от закономерности, происходящие в некоторых единичных случаях, при большом количестве испытаний перекрывают друг друга, взаимно погашаются, а закономерные тенденции определяются с достаточной степенью точности, тем большей, чем

больше анализируется случаев. При этом чем более отличаются друг от друга сравниваемые явления, тем больше требуется материала для получения достоверных научных результатов и правильных выводов.

Однако в некоторых случаях отступления от этого основного закона теории вероятностей являются оправданными. Если, например, слуховые наблюдения музыкантов свидетельствуют об определенной тенденции к повышению вводного тона при разрешении, то для того чтобы получить экспериментальное подтверждение этого, достаточно и десяти проанализированных случаев. Ведь при этом за десятью документально достоверными результатами стоит бесчисленное множество субъективных слуховых наблюдений, а сам эксперимент преследует лишь цель получить объективное подтверждение наблюдаемой закономерности. Однако для того, чтобы судить точно о степени этого повышения и о ее зависимости от тех или иных музыкальных факторов, необходимо значительно большее количество экспериментальных данных, которое бы обеспечило анализу достаточную точность и научную достоверность.

Закон больших чисел широко применяется не только в экспериментальных исследованиях, но и в педагогической практике. Когда педагоги-музыканты определяют типичность той или иной часто встречающейся ошибки в музыкальном исполнении или в упражнениях, то в их выводах как раз и проявляется действие закона больших чисел.

В исследованиях, опирающихся на большой экспериментальный материал, методом получения фактических данных очень часто являются лабораторные испытания.

Для того чтобы изучить то или иное сложное музыкальное явление, наблюдая его в обычной обстановке, например в обстановке концерта, и получить достаточное количество фактического материала, порой требуется затратить очень много времени и усилий. Еще меньше возможностей дает метод непосредственного наблюдения для того, чтобы из сложного комплекса музыкально-выразительных средств выделить важный для дальнейшего анализа простейший элемент.

В лабораторных же условиях сравнительно легко создать нужную обстановку, изменять ее в зависимости от целей исследования. Здесь удобно применять специальную измерительную аппаратуру, легко фиксировать все условия опыта. Лабораторные испытания, специально организованные эксперименты позволяют сравнительно быстро собрать нужный материал. В этом прежде всего заключаются положительные стороны метода лабораторных испытаний. Однако этот метод имеет ряд особенностей, с которыми нельзя не считаться. Условия эксперимента воспринимаются испытуемым музыкантом как неестественная, необычная для его деятельности обстановка. Поэтому

данные, полученные в результате эксперимента, в определенной степени отражают влияние этой обстановки на испытуемого. Конечно, можно снизить до минимума влияние необычных условий и добиться приближения условий эксперимента к естественным условиям, но окончательно освободиться от них в большинстве случаев не удается.

Отсюда вытекает ряд следствий. Во-первых, нельзя в равных отношениях использовать данные, полученные в результате таких лабораторных испытаний, и данные наблюдений и анализа звучания и исполнения, протекающего в обычной обстановке. Во-вторых, результаты и прямые выводы из данных, полученных в экспериментах, в известной степени непереносимы на обычные условия. И здесь от исследователя требуется умение отделить закономерное от случайного, то устойчивое, что должно проявиться в исполнении при всех условиях, от того специфического, что проявляется в таких испытаниях в результате влияния на музыканта необычной лабораторной обстановки.

Трудности лабораторного метода могут быть в настоящее время в какой-то мере устранены с помощью звукозаписи. Техника звукозаписи позволяет фиксировать свободное творческое исполнение, проходящее в естественных условиях, и избавляет от необходимости привлекать исполнителя к лабораторным испытаниям.

С этой точки зрения наиболее ценны записи по трансляции из концертного зала, которые фиксируют музыкальное исполнение в самых естественных, традиционных условиях. Менее ценны записи, полученные в студиях.

По отношению ко всем типам записи следует иметь в виду возможность появления специфических, присущих самой технике записи недостатков. Во-первых, создание записи в современных условиях, к сожалению, еще связано с необходимостью регулировать степень электрического усиления звука при записи, для того чтобы избежать перегрузки аппаратуры в наиболее громких местах музыкального звучания. Такое регулирование при записи может в известной степени изменять и даже значительно нарушать динамическую картину реального звучания, наблюдавшуюся в записываемом исполнении.

Во-вторых, в звукозаписях еще не достигнута достаточно хорошая передача тембра. Поэтому звукозаписи представляют собой не очень удобный материал для анализа тембра.

И, наконец, иногда звукозапись музыкального произведения искусственно монтируется из отдельных кусков исполнения, записанных от одного исполнителя или музыкального коллектива подчас в разное время. Тем самым нарушается исполнительская интерпретация произведения, ликвидируется единый исполнительский план. При этом нужно иметь в виду возможные склейки, стыки, нарушающие гладкость, ровность

звукоспроизведения. Эти случайные моменты могут сокращать длительность звука или паузы или накладывать один звук на другой и таким образом искажать реальную картину исполнения.

Все это следует учитывать исследователям, которые пользуются материалом звукозаписи.

Однако эти недостатки чрезвычайно малы по сравнению с теми преимуществами звукозаписи, о которых говорилось выше. К сожалению, не во всех случаях можно избежать необходимости лабораторных методов получения материала. Так, большинство исследований музыкального слуха, музыкальной памяти требует проведения экспериментов в особых условиях, исключающих возможность появления случайностей, но в то же время и накладывающих определенный отпечаток на получаемый экспериментальный материал.

Отсюда вытекают серьезные требования к усовершенствованию научной аппаратуры и методов экспериментальных работ. В последние годы, например, появился один из замечательных методов исследования колебаний голосовых связок во время пения, который приближает испытуемого певца к нормальным условиям пения. Метод этот разработан французским ученым Ф. Фабром. Сущность его состоит в следующем. Через два электрода, расположенных на шее, пропускают ток высокой частоты, неощутимый и абсолютно безвредный для певца. Колеблющиеся связки создают для электромагнитных волн переменное сопротивление. Зарегистрированные на фото-плёнке периодические изменения сопротивления в точности отображают характер колебаний голосовых связок. Если раньше, для того чтобы наблюдать колебания голосовых связок певца, пользовались зеркальцем Гарсиа, которое вводилось в полость рта и, естественно, затрудняло нормальное звукоизвлечение, то разработанный Фабром метод позволяет избежать этого искусственного вмешательства в естественный процесс и получить картину, более близкую к нормальной картине колебаний голосовых связок.

В связи с применением в музыковедении экспериментальных методов исследования встает вопрос и о формах фиксации получаемых данных, вопрос, который в специальной музыковедческой литературе почти не затрагивался.

Экспериментальные данные, необходимые исследователю для проверки его гипотезы, в большинстве случаев могут быть использованы и другими исследователями для выяснения иных вопросов. Однако для этого они должны быть зафиксированы в строгом соответствии с элементарными требованиями оформления научных результатов.

Одной из наиболее распространенных форм фиксации является протокол эксперимента. Конечно, не существует какого-то одного вида протокола, пригодного для самых различных

случаев. Однако ко всем видам предъявляются общие требования точности и полноты сведений об условиях опытов и об их результатах.

Сюда относятся время и место опытов, используемая аппаратура и ее характеристики, степень точности, которая достигается применяемой аппаратурой и методами фиксации и анализа получаемых материалов. В протоколе должны отражаться также возникающие иногда в ходе эксперимента случайные события, в той или иной мере изменяющие заранее определенные условия опыта. В протокол заносятся данные об экспериментаторе и об испытуемых, характеристика изучаемого материала. Наконец, в протоколе фиксируются в той или иной форме результаты эксперимента.

Часто применяющимися формами фиксации результатов эксперимента являются таблицы, графики и диаграммы. Из них графики и диаграммы — наиболее наглядный вид фиксации, так как в них количественные данные преобразованы в геометрические фигуры, которые дают обобщенное и пространственно-образное представление о характере изменения этих данных в зависимости от условий, исследуемых в эксперименте.

Экспериментальные данные должны фиксироваться в определенной системе величин, принятой для аналогичных исследований. Это необходимо для того, чтобы данные, получаемые различными исследователями, можно было сравнивать друг с другом и использовать более широко, для целей более крупных обобщений. Отступление от этого требования нередко приводит к тому, что затрудняется анализ материала и во многих случаях искажается представление об изучаемых явлениях.

Выбор той или иной системы величин не является произвольным. Сами цели исследования часто требуют какой-то одной определенной системы величин. Например, результаты звуковысотных измерений в акустике фиксируются по-разному. Во многих случаях удобно высоту выразить через частоту звуковых колебаний в герцах: ля первой октавы имеет частоту 440 колебаний в секунду, верхняя певческая форманта расположена в области от 2800 до 3500 колебаний в секунду и т. п. Однако при сравнении высот, при определении небольших звуковысотных изменений удобнее пользоваться другими величинами — центами (сотыми долями полутона). Утверждение о том, что полутон в равномерно-темперированном строе равен 26,16 герца, верно только для полутона *ля—си-бемоль* первой октавы; все другие полутоны будут иметь большее или меньшее значение, если их величину выражать в герцах. Поэтому выражение величины полутона в герцах неудобно. Более приемлемо выражение полутона в центах, так как все полутоны в равномерно-темперированном строе будут соответствовать одной и той же величине — ста центам.

Таким образом, выбирая ту или иную систему для фикса-

ции экспериментальных данных, следует учитывать как сложившиеся традиции, так и характер, цели и значение самого эксперимента.

Итак, применение современных электроакустических приборов для исследования музыкальных явлений расширяет возможности анализа, обеспечивает результатам научных исследований большую точность и объективность, позволяет широко использовать как метод анализа, так и метод синтеза для познания закономерностей музыкального искусства. Сфера применения точных объективных методов исследования может быть очень широкой, может охватывать самые различные области музыкальной теории и практики. Весьма плодотворным может быть их применение для изучения процесса музыкального исполнения, для создания теории исполнительства.

Применение точных экспериментальных методов исследования в музыкознании в настоящее время является весьма перспективным, так как точные объективные методы и современная электроакустическая аппаратура, современная техника звукозаписи позволяют фиксировать те неуловимые оттенки музыкального звучания, без которых нельзя представить себе хорошего исполнения.

Однако применение методов точных наук в музыкознании, по существу, находится еще в первой стадии развития. Поэтому здесь имеется много методологических трудностей, о которых нужно помнить музыкантам, занимающимся научной работой. Естественно, что в настоящей статье невозможно было охватить все связанные с этими трудностями вопросы. Полезно заимствовать опыт из других гуманитарных и естественных наук, критически осмысливать этот опыт и применять его в области музыковедения в соответствии со спецификой музыки. Несомненно, что в недалеком будущем применение точных экспериментальных методов исследования в музыкознании станет более широким.

В предлагаемом вниманию читателей сборнике помещены статьи, написанные по материалам исследовательских работ, проведенных за последнее время в лаборатории музыкальной акустики Московской государственной консерватории сотрудниками этой лаборатории.

В работах использованы новейшие научные данные и методика точной, объективной фиксации результатов с помощью электроакустической аппаратуры.

Ряд статей посвящен изучению исполнительского процесса в вокальной и инструментальной музыке, в некоторых из них ставится проблема музыкального восприятия, а также проблемы, связанные с педагогической музыкальной практикой. В этих статьях дается дальнейшее развитие идей Н. А. Гарбузова о зонной природе музыкального слуха.

Е. Рудаков

НОВАЯ ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ ПЕВЧЕСКОЙ ФОРМАНТЫ

Понятия нижней и верхней певческих формант прочно вошли в науку о певческом голосе около тридцати лет тому назад, однако многие теоретические и практические аспекты проблем, связанных с этим понятием, оставались мало исследованными до настоящего времени. В этой статье уточняется теория образования певческих формант, излагается принципиальная разница между формированием спектров (тембра) певческих звуков и спектров музыкальных инструментов и вскрывается весьма важная функция гортани, работающей при фонации, как генератор прерывистых импульсов. Этот специфический механизм гортани объясняет также некоторые особенности прикрытия певческого звука.

Исследования В. С. Казанского и С. Н. Ржевкина (1927)¹, В. Бартоломью (1934)², а также работы Акустической лаборатории Московской консерватории (1954—1960)³ показали, что спектр певческого звука имеет характерные области, в которых частичные тоны (обертоны) обладают наибольшей интенсивностью. Эти области, как правило, лежат в границах определенных частот, например 400—500 *кол/сек*, 2500—3500 *кол/сек*, и называются формантами.

Заметим, что любой сложный музыкальный звук состоит из множества частичных тонов, частота колебаний которых

¹ Ржевкин С. Н. Слух и речь в свете современных исследований.

² Bartolomew W. «Journ. Acoust. Soc.», 1934, № 6, p. 25.

³ Отчеты акустической лаборатории МГК (1954—1960). Библиотека МГК, рукопись.

лежит в пределах от частоты основного тона до нескольких тысяч колебаний в секунду. Например, если певец берет звук $ля_1$, равный 440 кол/сек, то одновременно с основным тоном 440 кол/сек в его голосе будут присутствовать частичные тоны с частотами 880, 1320, 1760, 2200, 2640, 3080... 4400... кол/сек. Эти частичные тоны в певческом звуке могут достигать 5000—6000 кол/сек, но все они могут иметь различную интенсивность и в соответствии со своей интенсивностью оказывать то или иное влияние на окраску звука, на его тембр.

На рис. 1 показан линейчатый спектр звука «у», пропето-го Ф. И. Шаляпиным («Серенада Мефистофеля» Ш. Гуно). Основной тон 240 кол/сек¹.

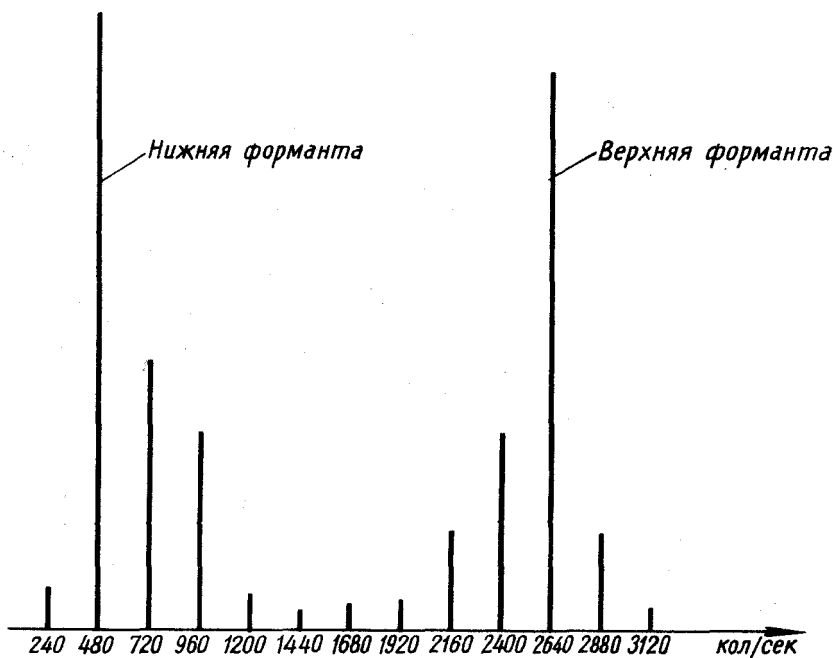


Рис. 1
Спектр гласной «у». Частота 240 кол/сек
Ф. Шаляпин «Серенада Мефистофеля» Гуно

В этом спектре отмечаются два наиболее интенсивных частичных тона: 480 и 2640 кол/сек, соответствующие двум певческим формантам. Этот спектр получен при помощи математических методов разложения колебаний на составляю-

¹ Jeens C. «Journ. Acoust. Soc.», 1951, № 23, p. 440.

щие. Существуют приборы — анализаторы различного типа, позволяющие непосредственно регистрировать спектр певческого голоса.

На рис. 2 показан спектр звука *ля*, равного 110 *кол/сек*, пропетого на гласной «а». Исполнитель — бас М. Решетин, солист Большого театра.

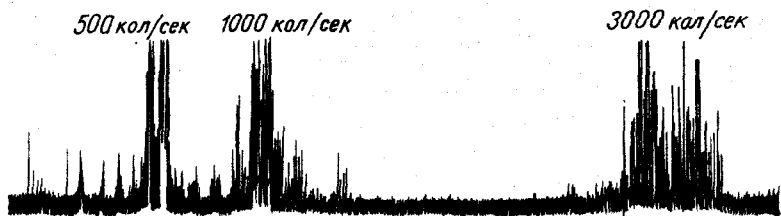


Рис. 2

В этом спектре частичные тоны представлены не отдельными вертикальными отрезками (линейчатый спектр), а широкими размытыми областями, так как при анализе использовался длительный звук и нормальное певческое вибрато изменяло его высоту на полтона шесть раз в секунду (в первом примере метод анализа позволял устранить влияние вибрато).

Из рис. 2 можно усмотреть, что энергия певческого звука распределилась в основном в трех формантных областях: 500, 1000 и 3000 *кол/сек*.

Область частот 500 *кол/сек* называется нижней певческой формантой, область частот 2500—3500 *кол/сек* — верхней певческой формантой, а область частот 1000 *кол/сек* образует форманту гласной, так как и в речевом голосе для гласной «а» будет также отмечаться на этой частоте усиление обертонов.

В зависимости от характера гласной и соответствующего изменения резонансного объема ротоглоточных полостей, форманты гласных занимают различные частотные области. Таким образом, форманты гласных находятся в функциональной зависимости от резонансных характеристик ротоглоточного рупора и, следовательно, от его геометрических форм, которые непрерывно изменяются в процессе речи или пения. Резонансная природа формант гласных достаточно очевидна, и поэтому происхождение двух певческих формант объясняли таким же образом. Нетрудно понять, что спектр любого певческого звука должен представлять собой комбинацию формант гласной, на которой поется звук, и специфических певческих формант. Однако последние обладают

весьма существенными отличительными свойствами: частотные области речевых формант значительно изменяются в зависимости от изменения объема ротоглоточного рупора, тогда как певческие форманты (500 и 2500—3500 *кол/сек*) сохраняют свои частотные области или сдвигаются в сравнительно небольших пределах.

Предшествующие исследователи уже объяснили постоянство нижней певческой форманты (500 *кол/сек*) наличием постоянного резонансного объема глоточной полости. Это объяснение соответствует действительности, и резонансная природа нижней певческой форманты не вызывает никаких сомнений. Нижняя певческая форманта по своей природе ничем не отличается, кроме своей интенсивности, от групп других обертонов, входящих в состав певческих и речевых звуков. С верхней певческой формантой (область 2500—3500 *кол/сек*) дело обстоит значительно сложнее.

Предполагалось, что верхняя форманта возникает, вследствие резонанса объема, в своего рода трубчке, приблизительно трехсантиметровой длины, расположенной между голосовыми связками и надгортанником. Длина такой трубочки соответствует тону 2800 *кол/сек*, то есть частоте верхней певческой форманты. Это обстоятельство, на первый взгляд, также достаточно хорошо объясняет постоянство частоты верхней певческой форманты. Подкупающая простота подобного объяснения в течение многих лет вуалировала действительную картину образования верхней форманты и особенности формирования певческого спектра.

Достаточно вспомнить, что с возрастом у певцов исчезает, в той или иной степени, блеск голоса и ослабляется интенсивность верхней форманты, а геометрические размеры ротоглоточного рупора, в частности трехсантиметровая «трубочка», остаются неизменными. Как мы увидим дальше, механизм, создающий верхнюю форманту, много сложнее, чем предполагали, и важную роль в нем играют не только резонансные полости, но и весьма своеобразная функция гортани, при которой она проявляет себя как генератор высокочастотных импульсов (2500—3500 *кол/сек* и выше). Для объяснения этой функции гортани рассмотрим прежде всего некоторые свойства певческих формант.

После исследований, проведенных в 30-х годах, было общепризнано:

1. Для хороших певческих голосов характерно наличие интенсивной верхней форманты (для мужских голосов на частоте 2800 *кол/сек*, а для женских — на частоте 3200 *кол/сек*). Верхняя форманта придает голосу блеск и металличность, а также способность перекрывать оркестр и достигать слушателя в отдаленных рядах концертного зала. Последнее

свойство в вокальной литературе называют «носкостью» или «полетностью» голоса. Исследования, проведенные в Акустической лаборатории МГК, показали, что «носкость» голоса обусловлена не какими-либо особенностями распространения звуковых волн, а физиологическими особенностями нашего слуха, максимальная чувствительность которого расположена в области частот верхней форманты, то есть 2500—3500 кол/сек. Говоря образно, наличие верхней форманты в певческом звуке можно уподобить заостренному наконечнику, помогающему стреле поражать цель.

2. Интенсивность нижней форманты (500 кол/сек) увеличивает в мужском голосе «мощность», придает ему «массивность» и некоторую «округлость» звука.

Однако это акустическое значение нижней форманты далеко не точно и не полно отображает истинную физическую картину.

В действительности «мощность» и «массивность» голоса определяется не только областью частот 500 кол/сек, но и всей совокупностью обертонов (частичных тонов спектра), начиная с основного тона и примерно до 1000 кол/сек. Ниже мы увидим, что и верхняя форманта может подчеркивать основной тон и второй частичный тон и, таким образом, тоже вносит свой вклад в создание «массивности» голоса.

Убедиться в некотором преувеличении роли нижней форманты нетрудно. В опытах, проведенных в Акустической лаборатории, мы наблюдали, что опытный певец по произволу может увеличить интенсивность своей нижней форманты на 10—12 децибел (децибел — единица громкости), однако при этом никакой добавочной «массивности» или других положительных качеств голос не приобретает. На слух усиление нижней форманты воспринимается лишь как утрированное «округление» звука. Электроакустическое усиление нижней форманты в певческих звуках также не дает положительного эффекта и воспринимается как искажение.

Наоборот, электроакустическое усиление верхней форманты в певческих голосах, в которых она от природы недостаточно интенсивна, дает, как правило, положительный эффект. Уже одно это обстоятельство вскрывает привилегированную роль верхней форманты по отношению ко всем другим обертонам певческого спектра, искусственное усиление которых приводит только к искажениям звука. Искусственное усиление верхней форманты, наоборот, придает небольшому голосу, при наличии приятного тембра, многие качества первоклассных оперных голосов. Прежде всего звук как бы приобретает «опору» и акустические качества голосов, владеющих техникой «bel canto».

Очевидно, что измерение интенсивности верхней форманты не может дать исчерпывающей характеристики профес-

сиональных возможностей певца. Интенсивность верхней форманты характеризует только некоторые акустические, правда очень важные, свойства голосового аппарата. Это, так сказать, характеристика инструмента, на котором играет музыкант, но акустические качества скрипки Страдивариуса отнюдь не определяют артистических качеств и возможностей музыканта, который на ней играет. Возможность гортани создавать интенсивную певческую форманту — условие необходимое и очень важное, но еще недостаточное, чтобы обладатель подобной гортани стал выдающимся певцом.

Однако измерение верхней форманты может дать объективную информацию о качествах голосового аппарата певца и в какой-то мере связывается с его исполнительскими возможностями. Образно говоря, даже при наличии большого исполнительского и музыкального дарования трудно играть на плохом инструменте. Хороший же инструмент способствует раскрытию исполнительских возможностей музыканта или певца.

О некотором соответствии интенсивности форманты и исполнительских возможностей певца свидетельствуют графики измерений форманты, полученные на экзаменах вокального факультета МГК. На рис. 3 даны графики измерений интенсивности верхней форманты у пяти певцов. У всех певцов измерялись звуки приблизительно одинаковой громкости (*forte*, достигавшее 80—90 децибел). При одинаковой средней громкости звуков средняя интенсивность верхней певческой форманты оказалась у всех певцов различной:

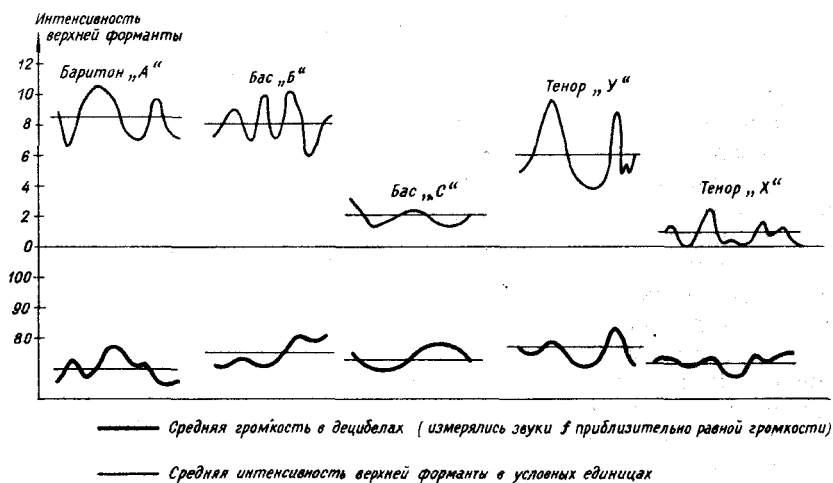


Рис. 3

Не слыша этих певцов и рассматривая данные графики, акустик мог бы высказать следующее осторожное предположение: «Вероятно, голосовой аппарат певцов «А» и «Б» обладает благоприятными акустическими свойствами и будет способствовать раскрытию исполнительского дарования певцов. Певцу «Х» его голосовой аппарат должен мешать и затруднять раскрытие музыкальных качеств. Трудно создавать художественные образы, если певец будет бояться верхних звуков своего диапазона».

Можно раскрыть фамилии первых двух певцов — ныне это солисты Большого театра Е. Кибкало и М. Решетин.

По акустическим измерениям интенсивности верхней форманты, силы голоса и других характеристик можно легко ставить отрицательные диагнозы, например что голосовой аппарат такого-то певца не позволит ему исполнять первые партии. Но этот отрицательный диагноз еще не говорит о том; что испытуемый не может быть камерным или эстрадным певцом. Однако было бы величайшей ошибкой по акустическим измерениям форманты, громкости голоса, вибрато и другим элементам делать положительные прогнозы и прогнорчить певцу великую артистическую карьеру.

Подобные измерения могут служить лишь некоторым ориентировочным объективным материалом для вокального педагога. Здесь можно возразить, что опытный слух педагога и без акустических измерений достаточно точно оценивает возможности голосового аппарата ученика. Действительно это так. Но для педагога может быть важна и интересна объективная картина, еще более точно выраженная в цифрах и графиках, изменения акустических характеристик голоса ученика на протяжении процесса обучения.

Чтобы понять особенности механизмов прикрытия певческого звука, необходимо более детально рассмотреть акустическую и физиологическую картину возникновения верхней форманты.

Прежде всего поставим вопрос — чем отличается спектр звуков любого музыкального инструмента от спектра звука певческого голоса? Схематически любой музыкальный инструмент можно считать состоящим из двух элементов: 1) вибратора, порождающего первоначальные звуковые колебания (генератора звука) и 2) резонаторов, изменяющих спектр первоначальных звуков вибратора.

Эту схему можно перенести и на голосовой аппарат человека. Если в музыкальных инструментах вибраторами могут являться струны, упругие язычки, мембраны, то в голосовом аппарате певца — связка. Резонаторами в инструментах могут быть деки, объемы воздуха, ограниченные корпусом музыкального инструмента, рупоры и трубки различной формы, тогда как при пении — ротоглоточный рупор человека.

Собственный звук каждого вибратора, работающего без взаимодействия с резонаторами, имеет определенный характерный для него спектр, содержащий большое число быстро убывающих по интенсивности обертонов.

Наиболее богатыми по числу обертонов являются такие вибраторы, у которых форма звуковых колебаний изображается графически пилообразными или прямоугольными формами (см. рис. 4):

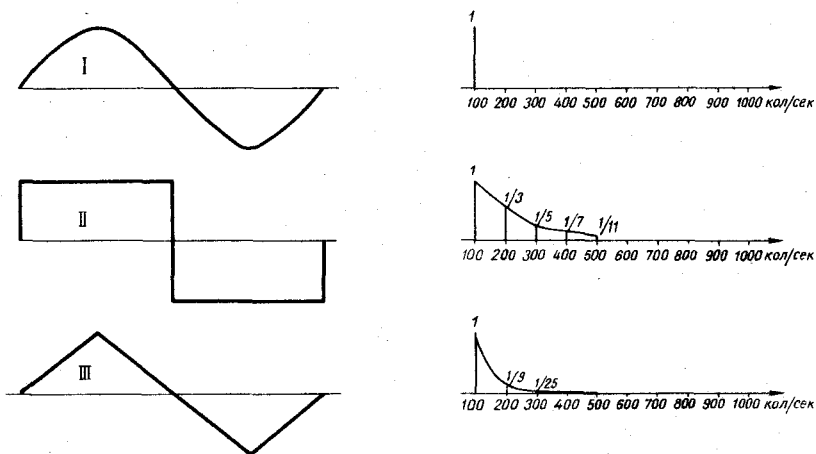


Рис. 4

- I. Простой синусоидальный звук без обертонов
 II. Прямоугольная форма волны
 III. Пилообразная форма волны

Если принять интенсивность основного тона для обеих форм за единицу, то частичные тоны для «прямоугольной» и «пилообразной» форм могут быть представлены как следующие числовые ряды:

$$1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/11, 1/13... \text{ и т. д.} \quad (1)$$

$$1, 1/9, 1/25, 1/49, 1/81, 1/125... \text{ и т. д.} \quad (2)$$

Мы видим, что для прямоугольной формы шестой частичный тон имеет интенсивность в 13 раз меньшую, чем у основного тона, а для «пилообразных» форм шестой обертонов в 125 раз слабее основного тона, а двенадцатый частичный тон для этого случая будет в 625 раз слабее основного тона. Присоединение резонатора или резонаторных полостей к вибратору будет усиливать те или иные частичные тоны, но исходя из рассмотрения числовых рядов можно утверждать, что частичные тоны (обертоны) в музыкальных инструмен-

тах, несмотря на резонансное усиление, будут значительно ослабевать после 12—15-частичного тона, не говоря уже о частичных тонах порядка 25 или 30. Практически обертоны столь высоких порядков должны в музыкальных инструментах быть близкими к нулю. И действительно, во всех спектрах музыкальных инструментов можно отметить ясно выраженную тенденцию убывания интенсивности обертонов по мере приближения их номера к 20.

В качестве примера рассмотрим спектры фагота:

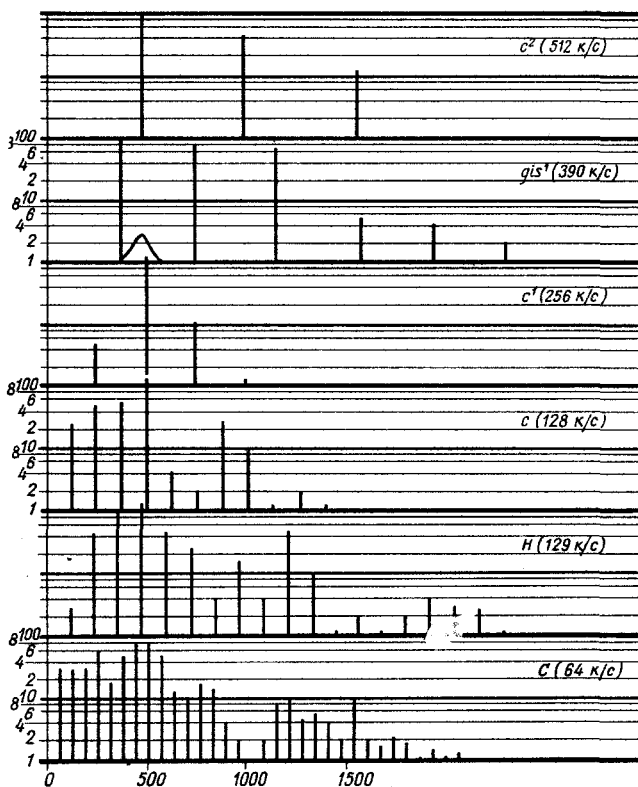
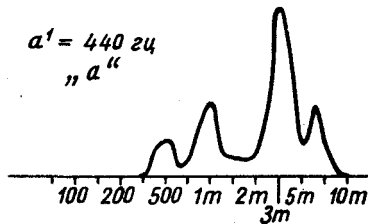
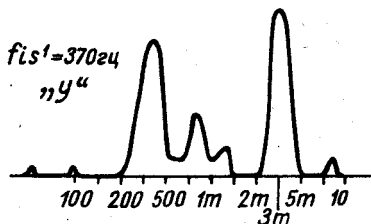
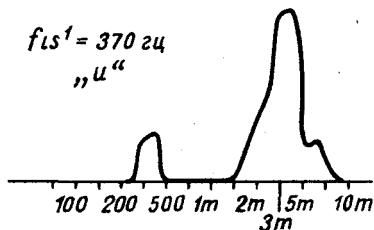
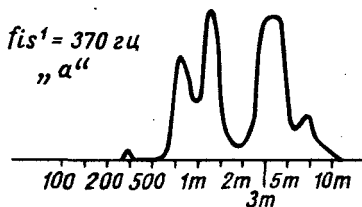
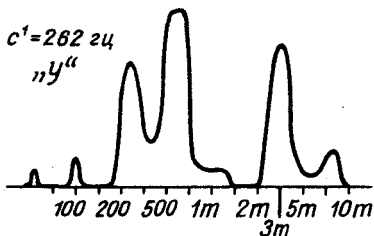
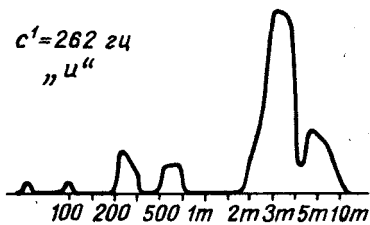
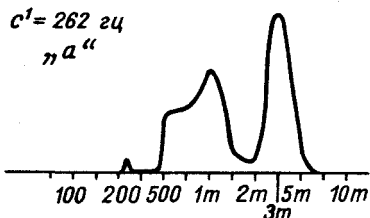
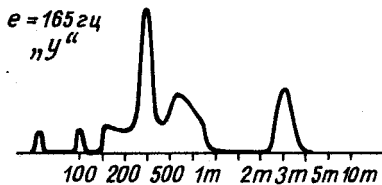
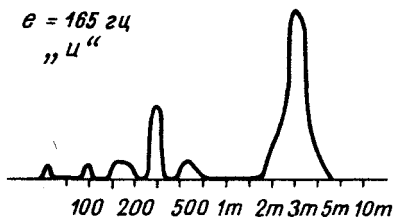
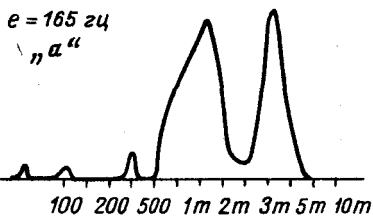
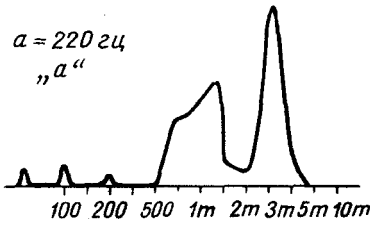


Рис. 5

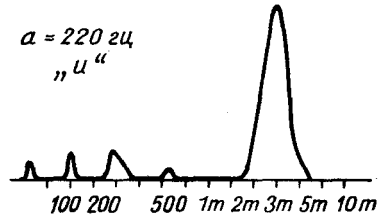
Тенденция убывания отчетливо видна на всех звуках фагота. В самом низком звуке С (64 кол/сек) обнаруживается достаточно интенсивный 23-й частичный тон, однако он достигает только частоты 1500 кол/сек и не достигает величины первых 9 обертонов. Здесь также можно говорить о тенденции убывания интенсивности частичных тонов по мере возрастания их порядкового номера.



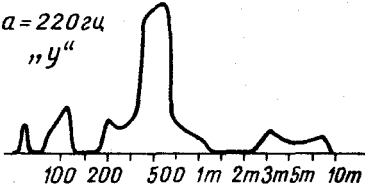
$a = 220 \text{ z}\mu$
„a“



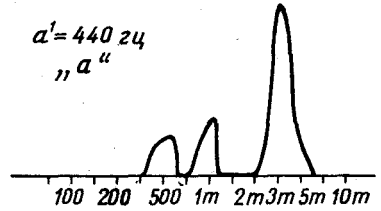
$a = 220 \text{ z}\mu$
„u“



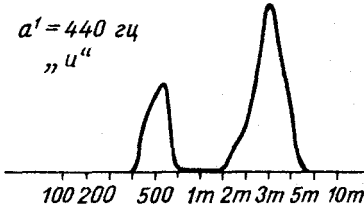
$a = 220 \text{ z}\mu$
„y“



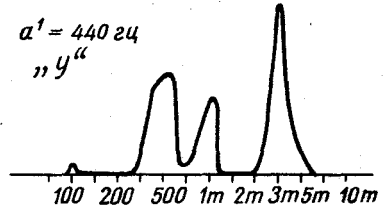
$a^1 = 440 \text{ z}\mu$
„a“



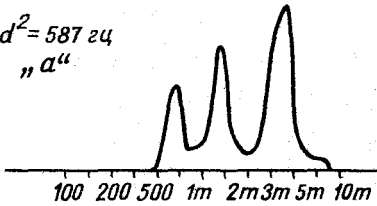
$a^1 = 440 \text{ z}\mu$
„y“



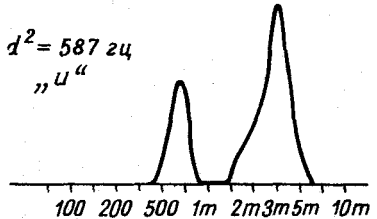
$a^1 = 440 \text{ z}\mu$
„y“



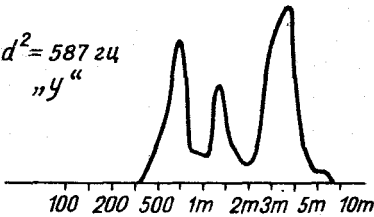
$d^2 = 587 \text{ z}\mu$
„a“



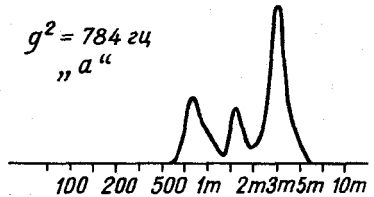
$d^2 = 587 \text{ z}\mu$
„u“



$d^2 = 587 \text{ z}\mu$
„y“



$g^2 = 784 \text{ z}\mu$
„a“



Достаточно взглянуть на рис. 2 или на рис. 6, на которых даны типичные огибающие спектры певческого звука (для мужских и женских голосов), чтобы заметить, что структура спектра певческого звука принципиально отличается от структуры спектра любого музыкального инструмента. В певческом спектре, в большинстве случаев, образуется в области 3000 кол/сек огромный подъем интенсивности частичных тонов, нередко превосходящих по своей величине все другие области спектра, причем эти частичные тоны, как, например, в случае, отображенном на рис. 2, имеют порядковые номера 30 (!) и даже выше.

Это парадоксальное явление показывает, что законы формирования спектра певческого звука принципиально отличаются от законов формирования спектров музыкальных инструментов.

Возникает вопрос — каким образом и почему образуется интенсивный пик в области тридцатых частичных тонов, т. е. в данном случае в области верхней форманты (3000 кол/сек)? Очевидно, что резонансными явлениями объяснить это трудно или невозможно. Действительно, ротоглоточный рупор человека по своим акустическим качествам уступает рупорам, надставным трубкам, резонирующим полостям большинства музыкальных инструментов, так как он создает очень значительное поглощение и затухание звуковых колебаний.

Отсюда может возникнуть предположение, что существенное влияние на формирование певческого спектра оказывает первоначальный спектр гортани (спектр вибратора).

Однако если легко изолировать струну или язычок от взаимодействия с резонаторами, то изоляция гортани крайне затруднительна, а условия ее фонации будут далеки от нормальных.

Тем не менее немецкому ученому Г. Бекману в 1956 г. удалось изучить спектр звуков, создаваемых гортанью, изолированной хирургическим путем от ротоглоточных полостей¹.

Условия хирургических операций не могли, конечно, позволить Бекману получить представление о всех акустических возможностях гортани и о многообразии создаваемых ею спектров. Однако наблюдения Бекмана даже в столь неблагоприятных условиях показали, что первоначальный спектр гортани представляет собой совокупность большого числа обертонов почти равной величины и достигающих 6000 кол/сек.

¹ Beckmann G. Etude expérimentale de la fourniture primaire. Rev. Laryng. Portmann, Suppl. Juillet, 1957, p. 547—560.

Для нашей дальнейшей теории весьма существенным фактом является то, что изолированная гортань может создавать сама по себе достаточно интенсивные обертоны в области частот 2500—6000 *кол/сек*.

По наблюдениям Р. Юссона, первоначальный звук гортани «приближается к звуку сирены или генератора прямоугольных импульсов»¹.

Но мы уже видели, что в этом случае интенсивность обертонов дается числовым рядом (1), и нам снова пришлось бы прибегать к предположению, что ротоглоточный рупор создает невероятные коэффициенты резонансного усиления. Это тем более невероятно, что, по математической теории И. Рокара и Р. Юссона, ротоглоточный рупор может оказывать резонансное воздействие только на звуковые частоты до 2500 *кол/сек*². Частоту 2500 *кол/сек* Р. Юссон назвал «частотой среза», — на этой частоте как бы срезается резонансное действие ротоглоточного рупора. По этой причине Р. Юссон считает, что обертоны большой интенсивности, лежащие в области 2500—3500 *кол/сек*, не являются формантой в строгом смысле этого слова, так как они не созданы ни ротоглоточными резонаторами, ни какими-нибудь другими. Истинными певческими и речевыми формантами по Юссону являются только области резонансного усиления, лежащие ниже «частоты среза», то есть 2500 *кол/сек*.

Однако, несмотря на правильность наблюдений и теорий Г. Бекмана, И. Рокара и Р. Юссона, мы не получаем ответа на основной вопрос: как образуется верхняя форманта и почему она может превосходить по своей интенсивности все другие обертоны спектра?

Для объяснения механизма возникновения форманты мы предложили новую теорию, которая находится в полном соответствии с наблюдаемыми фактами и с теоретическими выводами И. Рокара и Р. Юссона, что ротоглоточный рупор не оказывает воздействия на частоты выше 2500 *кол/сек*.

Рассмотрим эту теорию.

Верхняя певческая форманта по своей высоте соответствует приблизительно *fis*⁴, равному 2959 *кол/сек*, и по своему характеру напоминает высокий свист. Механизм образования губного свиста достаточно прост и понятен. Для образования свиста необходимо наличие во рту некоторого избыточного воздушного давления, которое, прорываясь через небольшое отверстие определенного геометрического размера и формы, создает вихревые движения, возбуждающие упругие

¹ R. Husson. La voix chantée. Paris, Gauthier-Villars, 1960, pp. 39—40.

² Там же, стр. 39—40.

колебания воздуха. В акустике этот процесс называют созданием «краевых тонов». Отметим следующее: сила свиста будет возрастать с увеличением избыточного давления во рту, но при чрезмерном увеличении давления свист может «сорваться» или мгновенно прекратиться. Для образования свиста и его интенсивности весьма существенной оказывается форма и величина отверстия, образованного губами.

Описанный процесс образования губного свиста можно распространить и на голосовые связки, которые иногда называют «голосовыми губами». В момент фазы смыкания и размыкания голосовых связок между ними на очень короткое мгновение создается небольшое отверстие, через которое прорывается подсвязочное давление, создающее «вихри» и «краевые тоны» с частотой приблизительно около 3 000 *кол/сек.*

Изменение этого отверстия может порождать краевые тоны или свист на более высоких частотах до 5000—6000 *кол/сек.*, что и наблюдается в действительности. Но, как известно, число колебаний голосовых связок в секунду всегда соответствует частоте основного тона. Для мужских голосов частота колебаний связок лежит приблизительно в пределах от 70 до 520 *кол/сек.*

Это значит, что если певец поет звук *ля*, равный 110 *кол/сек.*, то его связки 110 раз в секунду смыкаются и размыкаются и, следовательно, 110 раз в секунду образуется между ними небольшое отверстие, создающее очень короткий импульс свиста на частоте 3000 *кол/сек.* Эти прерывистые импульсы свиста, быстро следующие один за другим, и создают верхнюю форманту, интенсивность которой оказывается совершенно независимой от интенсивности других составляющих спектра и от поведения ротоглоточного рупора.

Следует заметить, что свист может быть интенсивным в момент фазы смыкания и более слабым в момент размыкания связок и, наоборот, он может вообще отсутствовать в одной из фаз.

Таким образом, из этой теории следует, что интенсивность верхней форманты зависит:

1) от геометрической формы отверстий, возникающих между связками;

2) от интенсивности подсвязочного давления.

Наконец, при избыточном подсвязочном давлении «свист», или верхняя форманта, может сорваться, голос потеряет блеск и превратится в крик.

Из этой теории также следует, что верхняя форманта должна представлять собой серии прерывистых, быстро затухающих колебаний. В этом легко убедиться, рассматривая импульсы верхней форманты на

электронном осциллографе или при помощи фотографий на шлейфовом осциллографе.

На рис. 7 и рис. 8 показаны записи колебаний нижней и верхней певческих формант. Нижняя форманта имеет непрерывный характер, а верхняя форманта представляет собой серии прерывающихся колебаний:

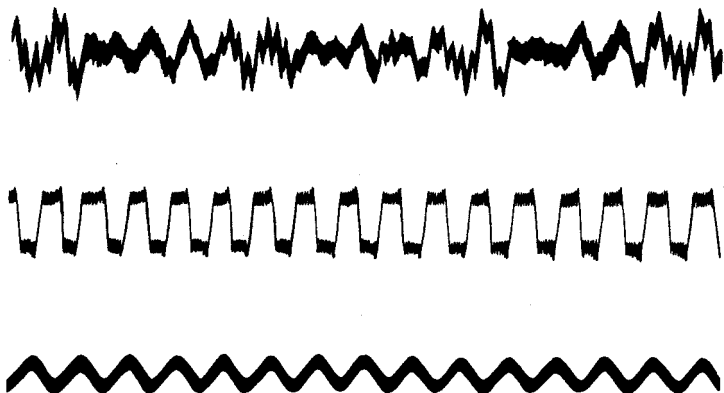


Рис. 7

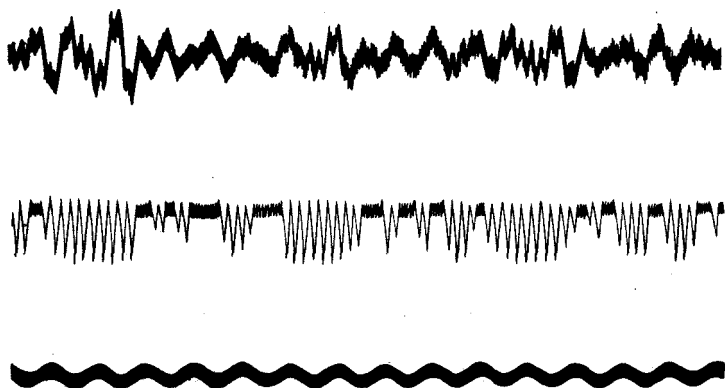


Рис. 8

Легко понять, почему обертоны, лежащие ниже «частоты среза» 2500 кол/сек, должны иметь непрерывный характер, тогда как обертоны, лежащие выше этой частоты, будут прерывистыми. Это объясняется тем, что они

создаются двумя совершенно различными акустическими механизмами.

В момент полного или достаточно широкого раскрытия голосовых связок воздух с избыточным давлением прорывается в надсвязочное пространство, над связками создается сжатие воздуха, которое передается соседним слоям и распространяется в виде волны. В момент смыкания над связками создается разрежение. Последовательная смена сжатий и разрежений воздуха порождает звуковые колебания и волны. Поэтому законы формирования обертонов в нижней части певческого спектра ничем не отличаются от законов формирования обертонов музыкальных инструментов.

Звуковые волны, соответствующие этим обертонам, имеют непрерывный характер. Но момент полного раскрытия или смыкания связок наступает не сразу. На короткое мгновение между связками образуются небольшие отверстия, через которые прорывается избыточное давление, создающее вихревые движения воздуха и «краевые тоны», частота которых лежит выше «частоты среза».

Таким образом, на основной спектр музыкального певческого звука, в котором частоты обертонов находятся в целократных отношениях (1:2:3:4:5:6: и т. д.), накладываются инородные звуки высоких частот, не находящиеся в гармоническом отношении с основным тоном и обертонами. Частота «краевых тонов», или высота звука верхней форманты, определяется геометрическими размерами и формой отверстий, создающих интенсивные вихревые движения. Связки могут издавать основной тон с частотой 100 или 250 кол/сек, но «краевой тон» или «свист гортани» будет оставаться или давать небольшие смещения частоты в области 3000 кол/сек. Этим и объясняется постоянство частоты верхней форманты на разных гласных и в различных условиях фонации.

Таким образом, гортань в процессе речи и пения выполняет вторую автономную функцию — работает как генератор прерывистых импульсов, частота которых лежит в области максимальной чувствительности слуха.

Возникает вопрос — если верхняя форманта представляет собой «прерывистый свисток» с постоянной высотой звука, не находящегося в гармоническом соотношении с основным тоном, то почему же эта форманта не воспринимается на слух как некоторый диссонирующий, неприятный и инородный элемент певческого голоса?

Высота звука верхней форманты соответствует приблизительно *фа-диезу* четвертой октавы. Интервальные соотношения звуков четвертой октавы со звуками нижних и средних октав слух оценивает менее точно. Поэтому негармоничность верхней форманты является второстепенным фактором и ха-

рактиер ее небольших смещений по частоте придает только индивидуальное своеобразие голосу певца.

Однако возникает вопрос: почему же, слушая певческий голос, мы не слышим одновременно с мелодией назойливый свист в четвертой октаве?

Представим себе, что певец исполняет мелодию, первые звуки которой имеют частоты основного тона 110, 130 и 164 кол/сек. Это значит, что на первом звук «свист форманты» будет прерываться 110 раз в секунду, на втором — 130, на третьем — 164 и т. д., т. е. число прерываний импульсов свиста будет соответствовать числу колебаний голосовых связок, или основному тону мелодии. Опыт показал, что если прерывать высокий звук, например свист, 100 раз в секунду, то мы, наряду со свистом, услышим низкий звук в большой октаве. Происходит процесс так называемой модуляции колебаний, широко используемый в радиовещании: электромагнитные колебания высокой частоты, нескольких сот тысяч в секунду, «модулируются» низкими частотами нашей речи, на электромагнитные колебания как бы накладывается рисунок нашей речи или пения, затем в радиоприемнике происходит процесс детектирования и звуковые колебания снова выделяются и передаются громкоговорителю. Точно так же высокие частоты верхней форманты (3000 кол/сек) модулируются более низкими частотами мелодии, которая затем «детектируется» нашим слухом. В слуховом анализаторе происходит процесс, в некоторой степени сходный с процессом, происходящим в радиоприемнике.

Поскольку верхняя форманта является еще носителем основного тона, она сливается со всеми другими элементами спектра певческого голоса и не только придает голосу блеск, но еще усиливает и подчеркивает весьма существенные для качества голоса нижние частичные тоны (основной тон и второй частичный тон, если форманта создается и в фазе смыкания, и в фазе размыкания).

* *
*

Одной из важных проблем вокальной педагогики является «прикрытие звука».

Новая теория позволяет установить не только качественные, но и количественные закономерности в механизме прикрытия звука.

Когда певец поет восходящую гамму, то на каком-то звуке наступает момент (для тенора это может быть *фа* или *фа-диез*), когда его голос начинает приобретать крикливый характер, если он не перейдет на другой механизм работы голосовых связок, — певец должен осуществить обязательный

«физиологический переход» на другой режим работы гортани. Одним из физиологических признаков этого перехода является наклон вниз щитовидного хряща и удлинение голосовых связок. А это значит, что при таком «переходе» изменяется геометрия отверстий, возникающих при раскрытии или смыкании голосовой щели. Какие последствия может иметь это вынужденное изменение геометрических форм на линии контактов между связками?

Импульсы форманты, или импульсы «свиста», могут потерять свою интенсивность или исчезнуть совсем. В этом случае певец хотя и осуществит физиологически необходимый «переход», но начнет петь тусклым, задавленным звуком. Это и наблюдается в действительности у начинающих певцов, не умеющих правильно прикрывать звук. Данное явление легко понять на опыте с обычным губным свистом: достаточно чуть-чуть растянуть губы, изменить геометрию отверстия — и свист сейчас же пропадет. Таким образом, певец, овладевая механизмом прикрытия и добиваясь качественного звучания верхов своего диапазона, по существу должен научиться создавать такой режим колебаний голосовых связок, который бы обеспечил надлежащую «геометрию» или «рисунок» смыкания и размыкания голосовой щели для того, чтобы поддерживать необходимую интенсивность и стабильность импульсов верхней форманты.

Понятно, что это очень нелегкая задача, и многим певцам ее решение могут затруднять анатомические и физиологические особенности строения и режима работы гортани.

Опыт и анализ спектров показали, что у хороших певцов при переходе на прикрытое звучание сохраняется постоянство отношения интенсивности форманты к интенсивностям частичных тонов, лежащих ниже «частоты среза».

Этот акустический критерий может быть весьма полезным для певца и педагога при работе над овладением техникой прикрытия звука.

Очевидно, что практически очень трудно объяснить, как надо сложить губы, чтобы получить сильный свист, а объяснить певцу, какие отверстия у него должны возникать между связками, — просто невозможно. Поэтому и для педагога и для ученика остаются только два критерия правильности выполнения механизма прикрытия — это критерий слуха и вспомогательный объективный критерий акустических измерений.

Изучение поведения импульсов верхней форманты фотографическим путем (осциллографирование), видимо, позволит вскрыть еще ряд интересных особенностей прикрытия певческого звука у профессиональных и начинающих певцов.

Следует отметить, что акустические и физиологические исследования певческого голоса могут иметь большое значение для профилактики профессиональных заболеваний певческих голосов. На основании только что рассмотренной теории можно показать, какой огромный вред певцам причиняет несоблюдение и завышение международного стандарта высоты звука ($ля=440$ кол/сек).

Опыт Большого театра в 1945 году показал, что даже кратковременные попытки придроживаться международного стандартного *ля*, равного 440 кол/сек, снизили число профессиональных заболеваний певцов на 30%.

Несмотря на этот, казалось бы, достаточно убедительный опыт, завышение строя симфонических оркестров и анархические отступления от стандартного камертона продолжают.

Мы не будем говорить, какой вред это отступление наносит самим симфоническим оркестрам и их музыкантам, но рассмотрим этот вопрос с точки зрения физиологии певческого голоса.

На первый взгляд, небольшие завышения строя оркестра на $\frac{1}{8}$ или $\frac{1}{10}$ тона не могут оказать существенного влияния на голосовой аппарат певца. Действительно, если оркестр случайно завьсил строй на $\frac{1}{8}$ тона, то тенору приходится петь верхнее *си-бемоль* на $\frac{1}{8}$ тона выше, чем это предусмотрено стандартом или роялем, за которым он постоянно разручивает партии, но у певца до конца его диапазона остается еще в запасе минимально целый тон. Поэтому это небольшое завышение принципиально безвредно. Основную травму и вред голосовому аппарату наносят не случайные завышения верхних звуков диапазона, а случайное завышение переходных нот, на которых певец должен осуществить полный переход гортани на физиологический механизм «прикрытого звучания». Действительно, если тенор привык петь *фа* на механизме «открытого звучания», то когда оркестр завьсит строй, *фа* поднимется в зону *фа-диеза* — зону, в которой певец использует уже другой механизм, другой режим колебаний голосовых связок и образования импульсов верхней форманты. Естественно, что певец, не улавливая на слух ничтожных завышений, будет форсировать гортань и заставлять ее работать в режиме «открытого звучания». Выше мы отметили, что переход на «прикрытое звучание» сводится к тончайшей настройке геометрических форм линий контактов между связками, в которой ничтожные доли миллиметра играют огромную роль. Нарушение режимов колебаний голосовых связок ведет к тому, что теряются точнейшие

механизмы управления и возникает тяжелое расстройство голосового аппарата. Певцам и педагогам хорошо известен факт, что пение «открытым» звуком верхов диапазона приводит к быстрой потере голоса, однако объяснение этого явления следует искать не в травматизме или механическом повреждении связок, а в утрате рефлексов, обеспечивающих необходимый режим работы гортани.

Точно также возрастное уменьшение верхней форманты может не сопровождаться изменениями гортани, поддающимися наблюдению врача-ларинголога. Здесь играют роль ослабление тонуса и утрата эластичности мышечных волокон, что в первую очередь сказывается на режиме колебаний, геометрических формах и характере контактирования голосовых связок. Следует заметить, что качество певческого голоса, его тембр и сила зависят от многих физиологических факторов, в частности — эндокринных. Предлагаемая теория детализирует лишь один из моментов механики колебаний голосовых связок и его влияние на формирование тембра. Однако этот момент, а именно — режим колебаний голосовых связок (длительность фазы смыкания и размыкания, глубина контакта, изменение его геометрии во времени), является важнейшим в объяснении многих явлений акустики певческого голоса.

Роль режима колебаний какого-либо вибратора, например скрипичной струны, достаточно очевидна, и можно сказать, что одним из основных элементов скрипичной техники является умение скрипача создать желаемый режим колебаний струн.

То же самое можно сказать про певца и его голосовые связки, но до сих пор физиология фонации располагает весьма скромными и очень общими сведениями относительно зависимости качества звука от режимов колебаний связок. К этим сведениям можно отнести, например, такие факты, как широкая поверхность контакта связок в грудном регистре и тонкая при фальцете. Предлагаемая теория является необходимым в настоящее время шагом в углублении нашего понимания акустических процессов, происходящих во время смыкания и размыкания голосовых связок.

Всякая новая теория, даже не встречающая принципиальных возражений, нуждается в широчайшей экспериментальной проверке и в охвате и объяснении этой теорией наибольшего количества явлений, не разгаданных на предшествующих этапах исследований. Работа в этом направлении продолжается.

Ю. Рагс

ВИБРАТО И ВОСПРИЯТИЕ ВЫСОТЫ

Художественное исполнение музыкального произведения обязательно предполагает чистое интонирование. Самые смелые исполнительские замыслы певца или скрипача тут же погибнут, если он будет неточно, фальшиво интонировать.

Эта истина требует от исполнителя большой работы по развитию своего слуха, работы над техникой исполнения, требует постоянного напряженного внимания.

Чем должен руководствоваться музыкант в этой большой и важной работе? На что он может опираться при отборе интонаций?

Такого рода вопросы становятся особенно острыми, когда речь идет о начинающих учиться музыке. Большой опыт исполнения, опыт слушания музыки в хорошем исполнении помогает зрелым музыкантам в их работе. Они уже могут довериться, в основном, своему слуху. Они уже имеют в соответствующих центрах головного мозга «эталонные» чистой интонации. Начинающим все это нужно приобретать.

Все чаще сейчас можно видеть, что музыкантов не устраивает долгий путь развития слуха, они не хотят ждать, пока «само собой» все образуется. На помощь приходят объяснения, теории, практические рекомендации.

Дело оказывается очень сложным. Нельзя представить себе чистую интонацию как систему раз и навсегда определенных, строго зафиксированных по величине интервалов. Нельзя заставлять учащегося исполнять какой-либо интервал или ступень лада лишь единственным, определенным (по

высоте) образом. Такая система в основе своей нежизненна, оторвана от музыки, от реального исполнения музыкальных произведений.

Вместе с тем не следует представлять дело и так, будто бы интонирование хаотично, полно случайностей. Ведь не может быть назван музыкантом такой человек, который совершенно безразличен к чистой интонации, безразличен и к фальши. Критерий чистой интонации существует вполне объективно.

Однако добиться чистой интонации порой бывает очень трудно. В сольном пении, при игре на духовых инструментах, в струнном квартете, в хоре а cappella, к сожалению, иногда можно услышать фальшь. Это значит, что чистая интонация, хотя объективно и существует, нередко является «вещью в себе», а не «для нас». Отсюда вытекает важный вывод — интонацию нужно изучать.

Изучение проблем интонирования началось очень давно. Пифагорову строю уже «исполнилось» более двух тысяч лет. Равномерно-темперированный строй, как одно из наиболее удачных решений проблемы чистой настройки клавишных инструментов, начал свою практическую жизнь со времени создания И. С. Бахом «Хорошо темперированного клавира».

Нужно сказать, что в промежутке между появлением пифагорова и равномерно-темперированного строев мало что было сделано в этой области. Если не считать чистого строя (XVI век), то все остальные музыкально-теоретические системы не получили какого-либо признания, о них сейчас упоминают лишь в специальных исследованиях, да и то изредка. Еще меньше было сделано в изучении вопросов интонирования в пении, при игре на инструментах с нефиксированным строем. Здесь пока еще в основном идет процесс собирания фактов.

Причины медленного продвижения научной мысли в этом вопросе объясняются не только сложностью интонационных отношений в музыкальном произведении. Они объясняются еще тем, что при изучении интонирования требуется очень большая точность анализа. Когда речь идет об интонации, нельзя оперировать четвертыми долями тона, восьмыми тона. Эти величины слишком велики для измерений. Здесь необходимы гораздо меньшие величины. И, кроме того, должна быть уверенность в том, что при оперировании этими величинами не допускаются никаких ошибок, что в измерениях высоты все верно. Точность и достоверность, объективность — эти требования можно выполнить только с помощью специальных акустических приборов, если можно так сказать — «музыкальных микроскопов». Такие «микроскопы» появились совсем недавно — со времени развития радиоэлектрони-

ки. И поэтому лишь совсем недавно начались интенсивные исследования музыкального интонирования.

Применяя звукозапись и приборы для измерений высоты звука, в настоящее время можно очень точно определить, как интонируется мелодия, исполненная на том или ином музыкальном инструменте. Точность расшифровок может быть доведена до двух-трех центов (цент — $\frac{1}{100}$ доля полутона).

Полученные данные являются превосходным материалом для дальнейших анализов, для доказательств в гипотезах и теориях. Таким образом, вся работа сводится к расшифровке с помощью специального прибора, анализу полученных данных и построению теории интонирования.

Однако если в общем дело выглядит довольно просто, то в деталях оно гораздо сложнее.

Рассмотрению одного из препятствий, возникающих на пути к решению проблемы чистой интонации, и посвящена настоящая статья.

* *
*

Для музыканта-исполнителя вибрато, или как иногда неверно называют «вибрация», — прием выразительного исполнения, средство музыкальной выразительности. С помощью вибрато достигается гибкость, полнота, насыщенность и богатство звука, изменяется его тембр. Вибрато на слух воспринимается именно как компонент тембра, окраска звука.

Слушатель может и не замечать этого приема, даже не знать о его существовании. При включении вибрато он отметит только, что звук изменился, стал более «живым».

Для музыкального акустика, рассматривающего этот прием посредством специальных аппаратов, вибрато представляет собой довольно сложное физическое явление. Поскольку в дальнейшем о вибрато говорится достаточно подробно, здесь необходимо хотя бы кратко остановиться на некоторых акустических характеристиках вибрато.

Струна фортепиано, приведенная в колебательное движение ударом молотка, дает одну неизменную частоту, так как ничто, кроме трения, не влияет на ее свободные колебания — длина звучащей ее части не меняется, никакая внешняя сила не изменяет ее натяжения и т. д. Если можно было бы каким-нибудь образом периодически изменять хотя бы одну из характеристик колеблющейся струны фортепиано, это вызвало бы периодические изменения частоты. На фортепиано

но это практически невозможно сделать, да и, пожалуй, не нужно. На скрипке такие периодические изменения частоты производятся довольно легко, — при вибрато колебания прижимающего струну пальца вызывают периодические изменения длины колеблющейся части струны. Укорачивание струны ведет за собой повышение звука, удлинение — понижение.

Возникающие при колебаниях пальца изменения натяжения струны можно здесь не принимать в расчет, так как они довольно малы.

Для дальнейшего рассмотрения целесообразно применять графические изображения происходящих процессов. Данные выше примеры звука без вибрато (колеблющаяся струна фортепиано) и звука с вибрато (колеблющаяся струна скрипки с периодически изменяющейся длиной) на графике выглядят так:

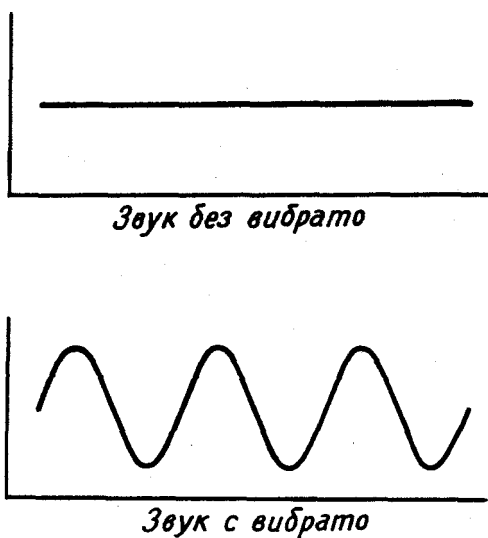


Рис. 9

Здесь по вертикали отложена частота (высота), по горизонтали — время.

В звуке без вибрато изменений частоты (и, следовательно, — высоты) нет; поэтому вертикальных изменений линии также нет, получилась прямая линия. В звуке с вибрато есть периодические изменения частоты; это отразилось на графике — возникла периодически повышающаяся и понижающаяся кривая линия.

Исследования вибрато показывают, что не всякие периодические изменения частоты звука воспринимаются как вибрато.

Очень важным обстоятельством здесь является частота этих изменений, или, как говорят, — частота вибрато. Нормальная частота — это такая, при которой шесть-семь раз в секунду периодически повышается и понижается звук. Реже встречается несколько более медленное и более быстрое вибрато (порядка от 5 до 6 и от 7 до 8 колебаний в секунду). Еще более медленные изменения высоты, так же как и более быстрые, становятся неприятными на слух и, собственно говоря, уже не могут быть художественным примером. Назвать вибрато их можно лишь условно; хотя с физической стороны сущность явления осталась неизменной, для восприятия это совсем новое качество. Особенно сильно отличается от нормального очень замедленное вибрато. Уже при замедлении в два раза становятся слышными все изменения высоты, свойственные физической стороне вибрато.

Иными словами, при замедленном вибрато воспринимается не одна высота, что соответствовало бы замыслу композитора, а несколько разных высот. При нормальной же частоте вибрато слух воспринимает только одну высоту, не улавливая периодических изменений частоты звука; это очень важный момент, который связан с основным вопросом настоящей статьи.

Другая важная характеристика вибрато — его размах. На графике размах определяется расстоянием от самой высокой до самой низкой точки на кривой или, точнее, — шириной полосы, которую занимает вибрато. Для слуха размах характеризуется интервалом от самой высокой до самой низкой точки в периодических изменениях высоты.

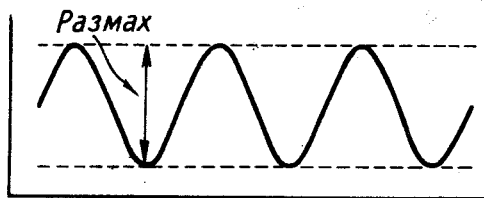


Рис. 10

Как велик может быть размах? Сошлемся в этом вопросе на работу Б. М. Теплова «Психология музыкальных способностей»¹. Средний размах вокального вибрато равен полутону,

¹ Теплов Б. М. Проблемы индивидуальных различий. Издательство Академии педагогических наук РСФСР, М., 1961, стр. 74, 75.

на струнных инструментах — четверти тона. В исследовательско-методическом очерке О. М. Агаркова «Вибрато в игре на скрипке» приводятся любопытные данные о предельно возможных колебаниях размаха вибрато на скрипке: от 7 центов до 240 центов, то есть от пороговой величины различения изменений высоты звука, равной 5—6 центам, до величины большей, чем целый тон!¹

У некоторых недостаточно сведущих читателей может возникнуть недоумение: «Возможно ли такое? Ведь это — сплошная фальшь! — воскликнут они. — Мы уже слышим фальшь, когда исполнитель отклоняется на $\frac{1}{10}$ тона. А здесь отклонения достигают полутона!»

На самом деле, все это представляется невероятным. Если, например, скрипач исполняет звук *ля* с таким большим вибрато — пусть даже в 200 центов, — то это значит, что он, кроме звука *ля*, будет затрагивать и звук *си-бемоль* (на 100 центов выше *ля*), и звук *соль-диез* (на 100 центов ниже *ля*). Образуется нечто вроде непрерывно повторяющегося группетто.

Все это так, но не нужно забывать, что при вибрато интервал между *ля* и *си-бемоль* заполняется непрерывно изменяющимся по высоте звуком, и что в этом движении звук не останавливается ни на мгновение ни на *ля*, ни на *си-бемоль*, ни на *соль-диез*.

Кроме того, процесс вибрато гораздо более быстрый (6—7 раз в секунду), чем группетто. Как, сидя в кино или около телевизора, мы не замечаем быстрой смены кадров (24—25 раз в секунду, а достаточно даже 16 раз в секунду — по старому стандарту), так и слушая звук с вибрато, мы не успеваем различить всех изменений высоты. Слух воспринимает один звук, звук одной высоты. Получается, что одни участки нервной системы человека могут создавать такие быстрые импульсы, которые приводят к периодическим колебаниям определенных групп мышц с довольно большой частотой (6—7 раз в секунду), а другие участки нервной системы того же человека не могут провести — воспринять результат действий этих мышц — вибрато. Это кажется парадоксальным.

Конечно, так ставить вопрос нельзя, и дело гораздо сложнее, чем представляется на первый взгляд. Но это уже не тема нашей статьи.

Обратимся к третьей характеристике вибрато — его форме. Рассмотрим несколько графиков периодических изменений высоты звука:

¹ Агарков О. М. Вибрато в игре на скрипке. Музгиз, М., 1956, стр. 52.

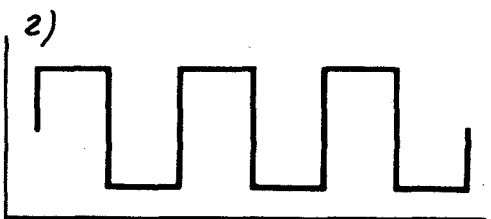
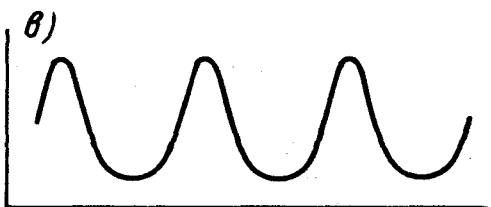
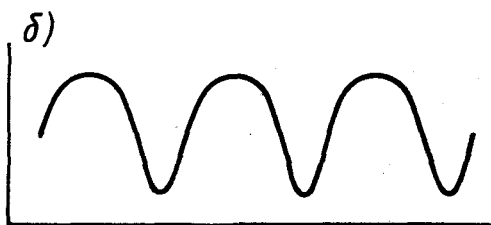
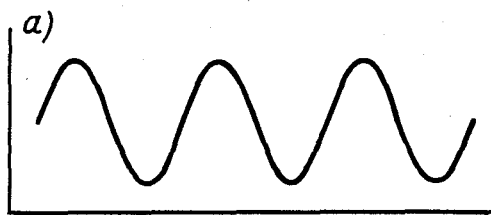


Рис. 11

Что отличает друг от друга эти извилистые линии? Как видно, частота высотных изменений во всех четырех случаях одинакова: за один и тот же промежуток времени, предположим за $\frac{1}{2}$ секунды, совершилось три полных колебания. Одинаковым является и размах. Однако линии не похожи друг на друга, они разной формы.

В первом случае (график «а») изменения высоты происходят очень равномерно, плавно. Звук повышается сначала быстро, затем, когда он приближается к самой высокой точке, — все медленнее и медленнее, наконец почти останавливается в этом своем движении вверх. Тут же начинается постепенно ускоряющееся движение вниз. Однако во второй части своего пути вниз звук начинает замедлять это понижение; замедление точно такое же, как было при движении вверх. Перейдя крайнюю нижнюю точку, звук начинает повышаться с постепенным ускорением. Дальше весь процесс в точности повторяется. Такая форма вибрато называется синусоидальной. Во втором случае (график «б») изменения высоты неравномерны. Звук довольно долго задерживается около верхней точки и быстро, почти мгновенно, проходит нижнюю точку кривой. Пример, изображенный на графике «в», прямо противоположен предыдущему — здесь звук больше задерживается в нижней части кривой, а не в верхней. Наконец, график «г», показывающий ломаную линию, изображает, как можно сразу догадаться, не вибрато, а обыкновенную трель; здесь сначала звучит один звук, затем без всякого плавного перехода, мгновенным скачком вступает другой, оба звука звучат долго, на них фиксируется внимание.

Итак, форма вибрато — это такая его характеристика, которая показывает, как происходят изменения высоты во времени. Эта характеристика вибрато исследовалась очень мало. Имеющиеся данные, полученные с помощью акустической аппаратуры, позволяющей фиксировать форму вибрато, показывают, что в реальном исполнении встречаются все три вида формы вибрато, приведенные выше на графиках («а», «б», «в»). Какая форма чаще встречается у певцов, у скрипачей, у музыкантов других специальностей, отчего зависит эта форма, в какой степени изменяется она в процессе игры у одного музыканта — все это еще нужно выяснять. Это особенно важно сделать потому, что, как будет показано дальше, форма вибрато оказывает большое влияние на восприятие звука. Частота, размах и форма — три характеристики вибрато. Кроме того, вибрато характеризуется периодическими изменениями по громкости (и здесь тоже можно говорить о частоте, размахе и форме), а также — изменениями по тембру. Однако в настоящей статье эти моменты не будут рассматриваться. К тому же эти элементы вибрато экспериментально почти не изучены.

После краткого рассмотрения акустических характеристик вибрато возвратимся к основному вопросу статьи.

Каким образом вибрато по высоте может препятствовать изучению проблемы интонирования? Дело в том, что при изучении данной проблемы приходится постоянно сталкиваться с вибрато как с приемом исполнения. По данным Карла Э. Сишора (университет в штате Айова, США¹), вибрато встречается у больших певцов в 95% времени звучания. Это означает, что почти все звуки мелодии исполняются с вибрато. У исполнителей на смычковых инструментах вибрато встречается приблизительно в 80%². В настоящее время этот прием все шире начинает применяться и при исполнении на духовых инструментах. Мы видим, что вибрато становится неотъемлемым элементом музыкального звучания. Новые электромузыкальные инструменты, как правило, обязательно имеют устройство, воспроизводящее вибрато. Более того, уже изобретены специальные электроакустические аппараты, позволяющие любой звук без вибрато превращать в звук с вибрато. Например, благодаря такому аппарату звучание рояля может напоминать голос певца или же начинающий вокалист может приобрести качества высококвалифицированного исполнителя.

Выше говорилось, что при анализе процесса интонирования требуется большая точность измерений высоты звука: счет ведется на сотые доли полутона. А размах вибрато равен четверти тона (50 центов), полутону (100 центов) и даже тону (200 центов). На какой точке остановиться при определении основной высоты звука с вибрато — точно на середине между самой высокой и самой низкой точками вибрато или на самой высокой точке, отстоящей от середины на 25 или 50, а то и на 100 центов? С помощью приборов сейчас можно получить довольно точное представление о том, какие изменения высоты происходят при вибрато, фактически можно определить высоту любой точки вибрато. Но прибор не определит, какую высоту слышит наше ухо при вибрато. Возникает такое положение, когда из-за вибрато останутся неисследованными примерно 95% вокального исполнения или 80% исполнения на скрипке.

Что же думают по этому поводу акустики? Ведь акустические исследования вибрато начались более 30 лет назад.

¹ Seashore C. (Editor). Studies in the Psychology of Music. Iowa, V. III, 1936.

² См.: Теплов Б. М. Проблемы индивидуальных различий. АПН РСФСР, М., 1961, стр. 74—75.

В большой работе о вибрато К. Сишора¹ приводится высказывание одного японского исследователя (Хироэ²) по этому вопросу: «В звуках с вибрато, размах которого меньше, чем в четверть тона, главная высота лежит в верхней половине размаха; в звуках с вибрато, размах которого больше, чем четверть тона, но меньше полутона, главная высота звука лежит несколько ниже середины размаха вибрато». В виде графика это выглядит так³:

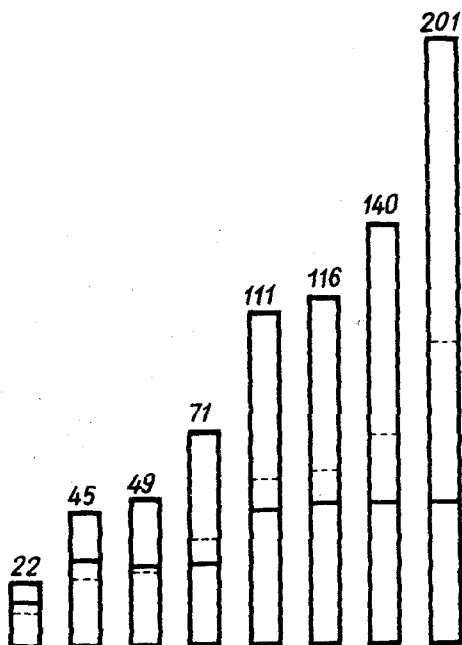


Рис. 12

Сам Сишор более склонен считать, что слух воспринимает как основную высоту середину между крайними точками размаха вибрато: «...сделав многочисленные измерения, мы нашли, что здесь наблюдается общая склонность средней высоты звука приближаться к истинной высоте».

¹ «Psychology of the Vibrato in Voice and Instrument» by Carl E. Seashore. Studies in the Psychology of Music. Vol. III. Iowa, 1936, p. 103.

² K. Hirose. «An experimental study on the principal pitch in the vibrato», Japanese J. Psychol., 9, 1934, № 5 and 6, p. 49—53.

³ График заимствован из статьи Дон Льюиса «Pitch: Its Definition and Physical Determinants» (Studies in the Psychology of Music. Vol. IV, Iowa, 1937, p. 356).

На графике штриховые линии показывают середину размаха вибрато, а сплошные горизонтальные линии — воспринимаемую высоту. Цифры над полосками указывают размах.

Не вступая в спор с обоими авторами, отметим только, что Хироза связывает изменения воспринимаемой («главной») высоты с изменениями размаха вибрато, Сишор же не подчеркивает и этого момента, говорит только об общей тенденции восприятия.

В некоторых других работах можно найти указание на то, что на восприятие высоты вибрато оказывает влияние соотношение между вибрато высоты и вибрато громкости. В частности, Дж. Р. Толми в статье «Анализ вибрато с точки зрения модуляции частоты»¹ математически доказывает положение, которое может быть хорошо проиллюстрировано его же примером: «Нота, спетая с чистым высотным вибрато, кажется нам неизменной по частоте, в то время как нота, спетая с комбинарованным высотным и силовым вибрато, кажется либо повышенной, либо пониженной, в зависимости от вызвавшего ее соотношения фаз». Другими словами, Толми утверждает, что если звук будет периодически усиливаться в то время, когда он будет находиться в более высокой части, и ослабляться в низкой части, то он будет восприниматься как более высокий:

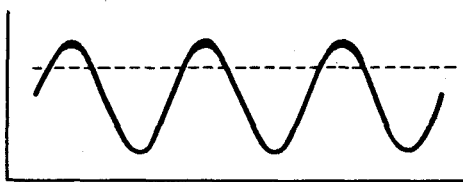


Рис. 13

На этом графике усиление звука условно показано более широкой линией; штриховая линия показывает воспринимаемую высоту.

И наоборот, при периодическом усилении нижней части этот же звук будет восприниматься как более низкий:

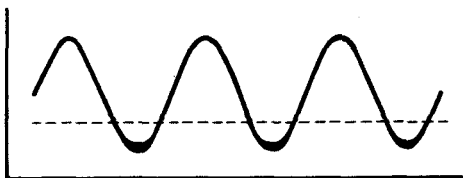


Рис. 14

Эти соображения представляются весьма логичными, с ними нельзя не согласиться. Требуется их экспериментально проверить.

¹ Журнал Американского акустического общества, 7, 1935, стр. 29—36.

Сравнение работы Толми с двумя предыдущими наводит на мысль о том, что вопрос о восприятии высоты вибрато гораздо более сложный, чем это может казаться с первого взгляда. Очевидно на воспринимаемую высоту могут влиять не один и не два, а несколько различных элементов вибрато.

И действительно, теоретические положения по вопросу о восприятии вибрато подтверждают высказанное предположение.

Анализируя и суммируя установленные в музыкально-исполнительской практике и специальных исследованиях факты, О. М. Агарков в упомянутой выше работе приходит к следующим выводам. Он считает, что для правильного понимания процесса восприятия высоты вибрато необходимо учитывать четыре фактора, а именно:

1. Форма вибрато.
2. Соотношение вибрато высоты и вибрато громкости.
3. Частота вибрато и недооценка его размаха.
4. Музыкальное окружение вибрирующего звука.

Как видно, автор существенно расширяет связи между физической стороной вибрато и его восприятием. Следует отметить это как важный положительный момент.

Вместе с тем нужно отметить, что автор упомянутой работы не ставит перед собой задачи всесторонне рассмотреть, как воспринимается высота вибрато; в его работе это — частный момент, показывающий сложность процесса восприятия вибрато и связанного с ним вопроса оценки чистоты интонации. Поэтому работа О. М. Агаркова не дает полного ответа на волнующий нас вопрос о том, какие элементы вибрато активно влияют на восприятие высоты. Она только намечает путь исследования. Тут же нужно оговорить, что это «только» имеет большое значение для настоящей работы.

Принципиально соглашаясь с основными положениями работы О. М. Агаркова по рассматриваемому вопросу, а также принимая во внимание проделанные другими авторами исследования, мы решили провести целый ряд специальных экспериментов, в которых бы учитывалось влияние каждого отдельного элемента вибрато на восприятие высоты при вибрато. При этом мы исходим из предположения, что такая работа является необходимым звеном в исследовании звуковысотного интонирования. Лишь после разрешения этого вопроса можно продолжать изучение процесса интонирования.

* *

*

В работе, положенной в основу настоящей статьи, рассматривались некоторые наиболее простые связи, возникающие между воспринимаемой высотой и элементами вибрато. Здесь выяснялась зависимость воспринимаемой высоты звука с виб-

рато от регистра (низкого, среднего или высокого); выяснялась зависимость от частоты вибрато, от его размаха, а также от формы вибрато¹.

Рассматривая зафиксированные с помощью акустических приборов записи вибрато, например у певцов, можно видеть, что даже на протяжении какого-нибудь неизменного по высоте звука мелодии нередко меняется и частота и размах вибрато.

Это может быть связано с характером музыкального произведения, с его стилевыми особенностями, эти изменения могут зависеть от индивидуальности исполнителя. Можно видеть, например, как в более взволнованных местах музыкальной пьесы вибрато становится ускоренным, размах его увеличивается². Так же постоянно изменяется и форма вибрато (особенности изменений формы еще не изучены).

Важно выяснить, влияют ли изменения этих элементов вибрато на воспринимаемую высоту звука, каким образом проявляется это влияние.

Для того чтобы можно было изучать влияние отдельных элементов вибрато на воспринимаемую высоту, была специально сконструирована установка «искусственное вибрато». Дело в том, что такие элементы вибрато, как частота, размах, форма, не поддаются точному контролю исполнителя. Очевидно, нельзя добиться, чтобы певец спел по просьбе звук, например, с размахом вибрато, равным 150 центам, частотой вибрато — 7 герцам и с синусоидальной формой. Певец может лишь случайно исполнить такой звук. Звук с такими, а также необходимыми другими данными можно легко получить с помощью установки «искусственное вибрато».

Установка была специально рассчитана на воспроизведение вибрато высоты, то есть такого вибрато, которое, в отличие от вибрато интенсивности (или громкости), больше всего используется в пении, при игре на скрипке и т. п. На этой установке можно менять основную высоту звука, менять частоту вибрато этого звука, размах и форму вибрато³.

Всего в опытах участвовало 16 человек. Из них только трое — без высшего музыкального образования. Из остальных — 6 музыковедов-теоретиков, два скрипача, две певицы, один дирижер симфонического оркестра, один композитор и один пианист.

¹ В работе, кроме автора статьи, непосредственное участие принимали заведующий лабораторией музыкальной акустики Д. Д. Юрченко и сотрудник В. З. Фуров.

² Более подробно об этом можно прочесть в упомянутой книге О. М. Агаркова.

³ Понятно, что только на начальных этапах исследования вибрато можно в опытах использовать искусственное вибрато. В дальнейшем безусловно необходимо исследовать и естественное вибрато, каким бы сложным оно ни было.

Предварительно была проведена проверка слуха. Участники дальнейших экспериментов должны были настроить как можно более точно приму в трех разных регистрах. В такой проверке приняли участие 15 человек. И эталонный и настраиваемый звуки давались на генераторах звуковых частот. Оба звука не имели вибрато. Проверка настроенного в приму звука производилась с помощью хроматического стробоскопа — прибора, позволяющего измерять высоту звука с точностью до одного цента.

Эта проверка показала, что участники обладают довольно хорошим звуковысотным слухом. Вот некоторые данные этой проверки. Средняя величина отклонений от эталона была равна для звука *до* малой октавы 11,27 цента, для звука *до* первой октавы — 5,73 цента и для звука *до* второй октавы — 4,6 цента. Из 45 звуков 24 было настроено выше эталона (средняя величина отклонений равна 10,1 цента), 14 звуков настроены точно по эталону и 7 — ниже эталона (средняя величина отклонений равна 5,8 цента).

После предварительной проверки слуха исследовалось восприятие высоты звука с вибрато.

Музыканты прослушивали звук с вибрато, воспроизведенный с помощью установки «искусственное вибрато», и настраивали на генераторе звуковых частот другой звук (без вибрато) той высоты, которую они слышали при воспроизведении первого звука. Оба звука повторялись столько раз, сколько это нужно было музыканту; воспроизводились они только последовательно, но не одновременно. Предполагалось, что, как и в опытах по настройке прим (без вибрато), в этих опытах музыканты смогут довольно точно определить слышимую ими высоту.

Все опыты были сгруппированы в три серии.

В первой серии звук с вибрато давался в разных регистрах. Музыкантам предлагалось прослушать по два раза звуки *до* малой октавы, *до* первой октавы и *до* второй октавы. Итого каждый музыкант настраивал по 6 звуков.

Частота вибрато была установлена в 6 герц и поддерживалась с точностью $\pm 0,3$ герца. Форма вибрато была выбрана такой, что более высокая часть периода была более продолжительной по сравнению с низкой частью. (Подробнее об этом будет сказано дальше). Размах был равен полутону (100 центов) с небольшими отклонениями от этой величины. Эта величина, как уже говорилось, близка средней величине размаха певческого вибрато. Здесь следует отметить, что эта величина (100 центов) в 10 раз превышает величину средней ошибки, полученной при настройке прим (без вибрато).

Сравнение результатов всех этих опытов показывает, что изменения регистра почти не влияют на воспринимаемую

высоту звука с вибрато (см. рисунок № 15, на котором зафиксировано 87 ответов музыкантов¹).

Если вторая группа музыкантов (8—15) по мере повышения регистра настраивала (в среднем) все более низкий звук, то первая группа дала другие результаты, не показывающие в этом отношении какой-либо тенденции в восприятии высоты.

Высота настроенных музыкантами звуков почти во всех случаях приближается к верхнему краю размаха вибрато.

Уже отмечалось, что при настройке прим без вибрато средняя величина отклонений от эталона вверх равняется 10,1 цента, а средняя величина отклонений вниз равняется 5,8 цента. Величина же отклонений от середины размаха в опытах с вибрато, как видно из графиков (см. штриховые горизонтальные линии — линии средних величин ответов), в несколько раз больше этих, полученных в предварительной проверке слуха, величин. Учитывая все это, можно сказать, что восприятие более высокой части вибрато как основной высоты звука при данных условиях не является случайностью.

И действительно — такой вывод подтвердился дальнейшими опытами. (Подробнее об этом речь будет идти дальше). Лишь в редких случаях в опытах с вибрато музыканты настраивали звуки, выходящие вверх за пределы размаха вибрато; отклонения вниз — ниже средней линии вибрато — являются исключением. В остальных случаях ответы музыкантов довольно плотно группируются друг с другом.

Сравнение «плотности» ответов, данных при настройке прим без вибрато, с «плотностью» ответов в опытах с вибрато показывает, что восприятие высоты в звуках с вибрато отличается меньшей определенностью, оно более субъективно.

Мы в предварительных опытах сталкивались с любопытными случаями восприятия звука с вибрато; один из таких случаев зафиксирован и в графиках (см. 7-й вертикальный прямоугольник слева): соответственно слышимому музыкант настроил не один, а два разных по высоте звука. Следует отме-

¹ На графике начерчены вертикально расположенные прямоугольники, под каждым прямоугольником поставлена цифра, указывающая, какой профессии музыкант дал данный ответ. Заштрихованные части прямоугольников, ограниченные с одной стороны средней линией размаха вибрато (проведенной через все прямоугольники), с другой стороны — линиями ответов музыкантов, показывают величину отклонений настроенной музыкантами высоты от середины вибрато. Так, например, самый первый прямоугольник слева показывает, что участник опыта — музыковед-теоретик — настроил звук *до* малой октавы с отклонением от середины размаха на 18 центов вверх. Штриховые горизонтальные линии показывают среднюю величину ответов для данной группы опытов. Так, средняя величина ответов для первой группы из шести опытов равна величине несколько большей, чем 25 центов вверх.

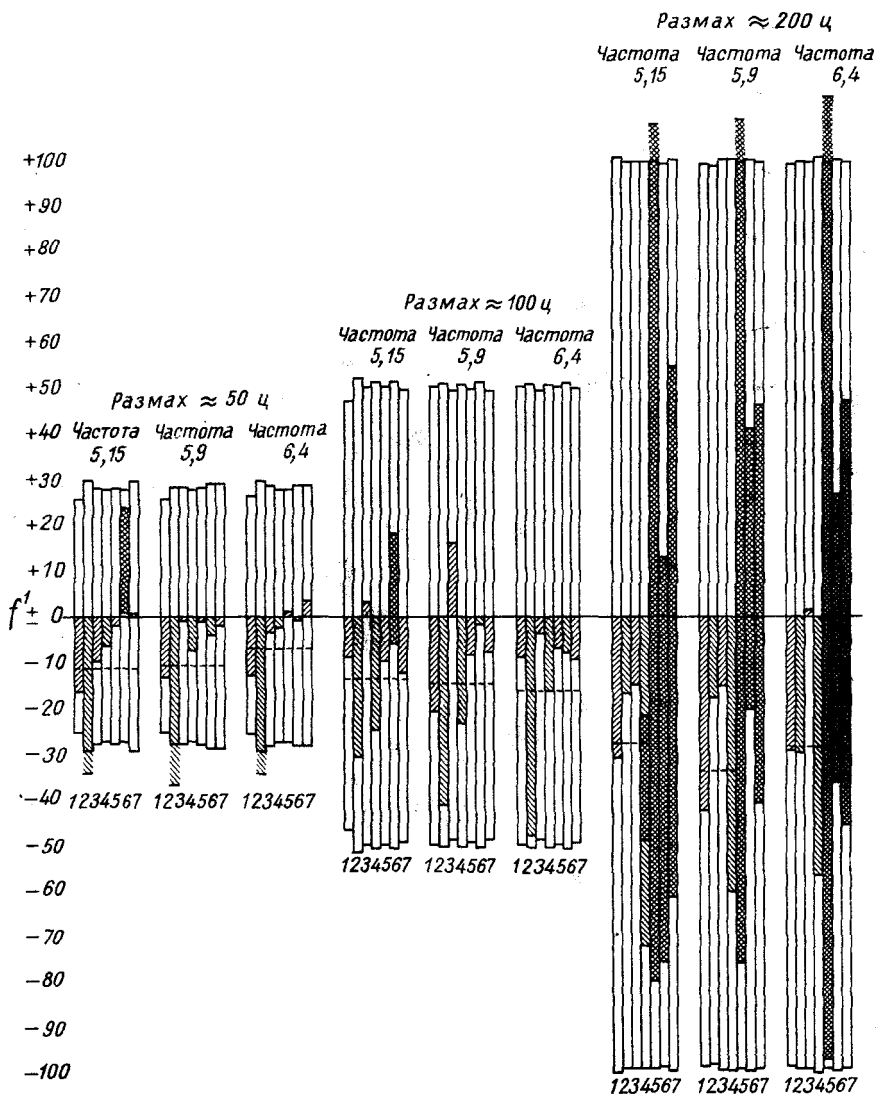


Рис. 16

1 — акустик. 2 — акустик. 3 — певица. 4 — музыковед-теоретик. 5 — музыковед-теоретик. 6 — музыковед-теоретик. 7 — музыковед-теоретик.

тить, что слух у этого музыканта может быть охарактеризован как отличный.

Во второй серии опытов изменялись частота и размах вибрато. Были выбраны три частоты: 5,15, 5,9 и 6,4 герца (эти частоты не выходят за пределы эстетически приемлемой нормы). Размах при этом был равен в одной группе опытов 50 центам, в другой — 100, и в третьей — 200 центам. Середина размаха вибрато была настроена на звук *фа* первой октавы. Форма вибрато в этой серии опытов противоположна той, которая была дана в первой серии: здесь подчеркивался нижний край вибрато. В этих опытах участвовало 7 человек: 4 музыканта-теоретика, одна певица и два специалиста по музыкальной акустике. Каждому давалось для прослушивания по 9 различных звуков (варьируемых по частоте и размаху вибрато, см. рис. № 16).

В 13 случаях (из 63) в звуке с вибрато, как утверждали музыканты, были услышаны по две высоты: верхний и нижний край вибрато. Такое своеобразное раздвоение по высоте звука с вибрато особенно характерно для звуков с большим размахом вибрато. Однако представления о крае вибрато у слушающих музыкантов очень расплывчаты. Например, один музыкант отметил как верхний край звук с высотой на 33 цента ниже действительного и как нижний край — на 45 центов выше действительного (при общем размахе 100 центов). В других случаях отклонения доходили до 70 центов и более, то есть приближались к полутону.

Гораздо более точны представления о высоте вибрато в тех случаях, когда указанного раздвоения высоты не было. Лишь в трех случаях настраиваемая высота выходила за пределы действительного размаха вибрато. В других случаях ответы отклонялись от средней величины не более чем на 31,5 цента.

Какая же высота воспринималась в этой серии опытов? Среднее значение ответов (см. штриховые горизонтальные линии на графиках) во всех девяти группах опытов располагаются ниже нулевого значения размаха вибрато (сплошная горизонтальная линия). При частоте вибрато 5,15 герца эта средняя величина колебалась от 11,5 (размах вибрато — 50 центов) до 28 центов (размах вибрато — 200 центов); при частоте вибрато 5,9 герца — от 11 (размах — 50 центов) до 34 центов (размах — 200 центов); при частоте 6,4 герца — от 7 (размах — 50 центов) до 29 центов (размах — 200 центов).

Из этого можно сделать вывод: изменения частоты вибрато не влияют на воспринимаемую высоту. Эти же опыты показывают, что на восприятие высоты влияет размах вибрато. С увеличением размаха средняя величина ответов все больше отклоняется от середины размаха вибрато. В данных опытах

это отклонение происходило в сторону понижения высоты — от 7 (при размахе в 50 центов) до 34 центов (при размахе в 200 центов).

Третья серия опытов почти повторяет вторую. Здесь только добавлена еще одна частота вибрато — 8 герц. Размах варьировался так: 50, 100, и 150 центов. Кроме того, каждый звук варьировался еще и по форме. В опытах участвовало 8 человек — присоединился еще один акустик. Таким образом, каждый из участвующих в опытах прослушивал и настраивал по 24 различно варьированных звука¹. Остальные условия опытов были те же, что и в предыдущих сериях.

Наблюдалось 29 «раздвоений» высоты звука с вибрато. При этом максимальное отклонение от действительной высоты края вибрато достигало 106 центов, то есть величины большей, чем полутон.

В других случаях, то есть когда воспринималась одна высота, максимальное отклонение от средней величины ответов не превышало 39,5 цента.

В этой серии опытов также можно отметить, что изменения частоты вибрато не влияют на воспринимаемую высоту. При частоте 8 герц средняя величина ответов (по всем опытам) была равна 4,25 цента; при частоте 6,4 герца — 5,3 цента (некоторое повышение); при частоте 5,9 герца — 1,3 цента (резкое снижение); при частоте 5,15 герца — 3,8 цента (приближение к первому уровню). Эти колебания среднего уровня явно носят бессистемный характер.

Изменения размаха вибрато в меньшей степени, нежели в предыдущей серии опытов, влияют на воспринимаемую высоту. Так, если при одном варианте формы вибрато с увеличением размаха (50, 100, 150 центов) заметно некоторое постепенное повышение среднего уровня ответов (—1,1 цента, +10,5 цента и +10,6 цента соответственно), то при другом варианте формы такой последовательности (в понижении — в данном случае) не имеется (+3,5 цента, —1,4 цента и —0,05 цента!).

Все три серии опытов дают материал для выяснения влияния формы вибрато на воспринимаемую высоту.

Форма вибрато была выбрана асимметричной и давалась в двух вариантах. В одном варианте больше по времени звучала верхняя часть вибрато или, точнее, участок вибрато, расположенный выше середины размаха вибрато. В другом варианте наоборот — больше по времени звучала нижняя часть вибрато. В остальном форма вибрато не менялась. Один из вариантов формы вибрато — с подчеркнутым верхним краем — дан на рисунке № 18.

¹ На рисунке 17 приведены только средние данные: каждая вертикальная полоска обобщает ответы всех восьми участников этих опытов (не учитывались только «раздвоения» воспринимаемой высоты).

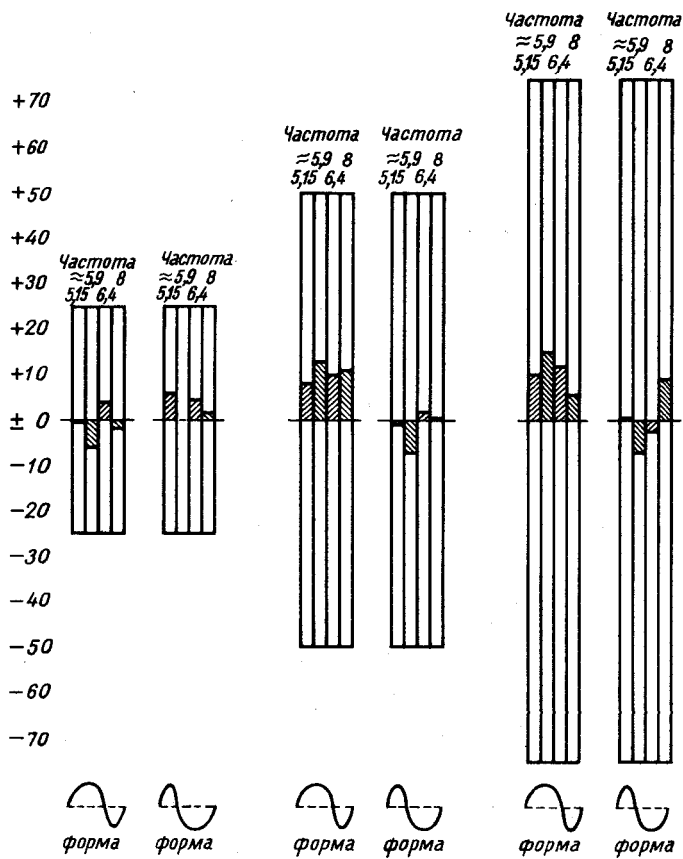


Рис. 17

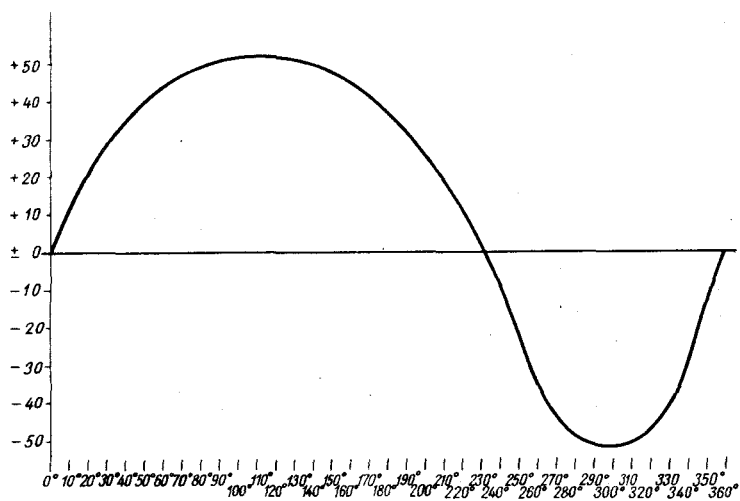


Рис. 18

Как видно, верхняя часть (считая от середины размаха) занимает более 230°, а нижняя — менее 130°. Такое соотношение оставалось и при изменении размаха вибрато — при уменьшении до 50 центов или при увеличении до 150, 200 центов.

В первой серии опытов, где в каждом периоде вибрато дольше звучала верхняя часть, почти нет случаев, когда музыканты настраивали бы звук ниже середины вибрато. Средняя настроенная высота, по результатам 80 опытов первой серии, равна +27,3 цента.

Во второй серии опытов, где дольше звучала нижняя часть, имеется лишь 8 случаев (из 51), когда музыканты настраивали звук выше середины вибрато. Средняя высота по результатам 51 опыта равна —16,6 цента.

В третьей серии опытов, как уже говорилось, давалось два варианта формы вибрато. Один вариант — «высокий» — настраивался в 25 случаях (из 80) ниже середины. Средняя высота здесь равна +6,4 цента.

Другой вариант — «низкий» — настраивался выше середины в 37 случаях (из 83). Средняя высота — +0,4 цента.

Как показывают эти данные, форма вибрато влияет на воспринимаемую высоту. Это влияние проявляется и в том, что музыканты настраивают в большинстве случаев или более высокую или более низкую часть вибрато в зависимости от формы вибрато. Влияние проявляется и в том, что средний уровень настраиваемых звуков располагается выше или ниже середины размаха в зависимости от формы вибрато.

Лишь в третьей серии опытов при «низкой» форме был получен средний «плюсовой» уровень — среднее значение отве-

тов на 0,4 цента выше середины размаха вибрато. Однако эта средняя линия расположена все же ниже средней линии, полученной при «высокой» форме, и количество «плюсовых» ответов меньше половины всех ответов. Данные же по первым двум сериям опытов очень убедительно показывают влияние формы вибрато на воспринимаемую высоту.

Итак, если форма вибрато такова, что более долго звучит его верхняя часть, то музыканты воспринимают более высокий звук, нежели в тех случаях, когда форма вибрато подчеркивает нижнюю часть вибрато.

Изменения размаха вибрато, вероятно, сами по себе не влияют на восприятие высоты. Однако при несимметричной форме увеличение размаха подчеркивает эту несимметричность. И слушатель воспринимает высоту, все более отклоняющуюся от середины размаха. При уменьшении размаха несимметричность формы как бы сглаживается, ответы слушателей приближаются к середине размаха вибрато.

Изменения регистра, изменения частоты вибрато не влияют на воспринимаемую высоту. Отклонения в ответах музыкантов не связываются с изменениями этих элементов вибрато и носят случайный, бессистемный характер.

Полученные данные о роли отдельных элементов вибрато позволяют уже сейчас предъявить определенные требования к будущему прибору для анализа вибрато. Этот прибор должен фиксировать главным образом форму и величину размаха вибрато. По этим данным уже можно было бы определить, выше середины размаха вибрато или ниже (или, может быть, точно посередине) располагается воспринимаемая высота и насколько значительно отклонение от середины.

Разумеется, потребуются еще ряд дополнительных исследований, уточняющих полученные данные, а также выясняющих, как воспринимается естественное вибрато. Вслед за изучением вибрато высоты необходимо провести еще исследование вибрато интенсивности, то есть громкости, и исследование соотношения вибрато высоты и вибрато интенсивности. Вот вкратце тот сложный путь, который нужно пройти для того, чтобы приступить к изучению интонирования, например, в пении.

Отмеченная «расплывчатость», субъективность восприятия высоты звука с вибрато (по сравнению с большей определенностью, объективностью при восприятии звука без вибрато) требует особого внимания в дальнейших исследованиях. Здесь очевидно можно найти ряд интересных связей уже чисто музыкального плана. Возможно, что дальнейшие исследования выявят зависимость высоты звука с вибрато от гармонизации пьесы, от тембра аккомпанирующего инструмента, его настройки и т. п. Пока же это — предположения.

Встречающиеся в опытах «раздвоения» в восприятии вы-

соты вибрато, вероятно, связаны с формой вибрато. Здесь требуется более детальное изучение формы естественного вибрато.

Вибрато может вызвать интерес и не только в связи с вопросами интонирования. Можно полагать, что в дальнейшем результаты всестороннего исследования вибрато будут использованы и в методике обучения той или иной музыкально-исполнительской специальности.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агарков О. М. Вибрато в игре на скрипке. Музгиз, М., 1956.
2. Гарбузов Н. А. Зонная природа звуковысотного слуха. АН СССР, 1948.
3. Корсунский С. Г. Акустическое исследование певческого голоса. Диссертация. 1946. Рукопись (хранится в библиотеке Московской государственной консерватории).
4. Теплов Б. М. Психология музыкальных способностей. Сборник «Проблемы индивидуальных различий». Издательство Академии педагогических наук РСФСР, М., 1961.
5. Seashore C. E. (Editor). Studies in the Psychology of Music. Published by the University, Iowa city, Iowa. Volume I. The Vibrato. 1932. Vol. III. Psychology of the Vibrato in Voice and Instrument. 1936. Vol. IV. Objective Analysis of Musical Performance. 1937.

О. Сахалтуева

ИНТОНАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛНЕНИЯ ПЕРВОЙ ЧАСТИ КОНЦЕРТА ДЛЯ СКРИПКИ С ОРКЕСТРОМ МЕНДЕЛЬСОНА

Творческий подход к исполнительскому процессу свойственен каждому большому артисту.

Поэтому изучение творческой интерпретации данного произведения, несомненно, представляет интерес как со специально научной, так и с педагогической и общеэстетической точек зрения. Это поможет глубже проникнуть в художественное содержание произведения, полнее раскрыть весь комплекс его выразительных средств, а кроме того, позволит выявить и индивидуальные особенности в исполнении артистов.

Анализ исполнительского творчества больших мастеров может дать ценный материал для теории музыки и для теории исполнительства.

Все средства выразительности, которыми пользуется музыкант-исполнитель (агогика, динамика, тембр, интонация), достаточно глубоко и полно изучаются только при участии объективных методов исследования.

Данная работа посвящается акустическому исследованию только одной стороны творчества исполнителей на смычковых инструментах, а именно — интонационной.

Как известно, при чистом в интонационном отношении исполнении музыкального произведения на инструментах с нефиксированной высотой звука всегда возникают небольшие изменения высоты звука в определенных пределах. Эти звуко-

высотные отклонения Н. А. Гарбузов назвал «внутризонными интонациями», в отличие от «фальшивых» интонаций, то есть интонаций, выходящих за пределы зоны допустимых для музыкального слуха отклонений.

Внутризонные интонационные отклонения являются одним из существенных элементов музыкальной выразительности при исполнении на инструментах с нефиксированной высотой звука и в пении. Они находятяся в определенном взаимоотношении с целым рядом элементов музыкального языка.

Об интонации как о средстве выразительности неоднократно высказывались музыканты — педагоги и исполнители на смычковых инструментах.

Профессор К. Г. Мострас в книге «Интонация на скрипке» говорит об интонации как о «важнейшем средстве музыкальной выразительности»¹ и о необходимости осознания определенных связей между интонацией и другими элементами музыкального языка². Профессор Л. Гинзбург в своем интересном труде о Пабло Казальсе уделяет большое внимание интонации и высказываниям Казальса по этому вопросу. Он пишет, что выразительность интонации «непосредственно связана с эмоциональным восприятием музыки и является преимуществом певческого голоса и смычковых инструментов, позволяющих творить интонацию, по сравнению с фортепиано с его заданным темперированным строем»³. Казальс называет интонацию «главной частью фразировки». Он отказывается от математически точной интонации (то есть интонации натурального или темперированного строя) в пользу так называемой «выразительной точности». «Выразительная точность интонации Казальса покоится на эмоциональном восприятии лада и любой музыкально осмысленной последовательности звуков, на их взаимосвязях, обусловленных мелодической линией и функциональной зависимостью»⁴.

Исследование интонационной стороны исполнительского процесса при помощи точной измерительной аппаратуры не только подтвердило высказывания крупных музыкантов — педагогов и исполнителей — по этому вопросу, но и позволило выявить такие закономерные связи между интонацией и целым рядом элементов музыкального языка, которые очень трудно заметить, основываясь только на слуховом восприятии музыкального звучания.

Полученные данные особенно убедительно показывают, насколько тесно интонация, как средство музыкальной выразительности, связана со всем развитием музыкального материа-

¹ Мострас К. Г. Интонация на скрипке. Музгиз, 1948, стр. 6.

² Там же, стр. 27.

³ Гинзбург Л. Пабло Казальс. Музгиз, 1958, стр. 97.

⁴ Там же, стр. 96, 97.

ла и как велика ее роль в раскрытии исполнителем творческих намерений композитора.

В работах, опубликованных в сборнике «Труды кафедры теории музыки»¹, были показаны закономерные связи между интонацией и звуковысотным рисунком мелодии, ее ладогармоническим и метро-ритмическим строением, динамическими оттенками, а также и синтаксическими элементами музыкальной формы.

Данная работа является продолжением и дальнейшим развитием этих исследований. На материале музыкального произведения крупной формы в ней анализируются связи интонационных приемов исполнения как средства выразительности с характером музыкальных образов, тематическим развитием и тональным планом произведения.

Была проанализирована первая часть концерта для скрипки с оркестром Мендельсона в исполнении Ойстраха, Сигети и Крейсера.

Звуковысотная расшифровка производилась методом «вычленения звука», разработанным в лаборатории музыкальной акустики².

Анализ этих расшифровок позволил выявить:

1) некоторые общие для всех трех исполнителей художественные приемы интонирования, связанные с особенностями формы данного произведения,

2) индивидуальные приемы, связанные с интонационным стилем каждого исполнителя.

Результаты работы могут быть использованы как педагогами-теоретиками в их практической работе, так и педагогами-исполнителями.

Материал данного исследования еще недостаточен для получения общих выводов о закономерностях интонирования при исполнении сонатного *allegro*. В дальнейшем предполагается провести еще ряд дополнительных исследований с целью уточнения и расширения полученных данных.

¹ Труды кафедры теории музыки. Музгиз, 1960, статьи Ю. Рага и О. Сахалтуевой.

² В общих чертах сущность этой методики заключается в следующем. Звук, высоту которого нужно измерить, переписывается электромагнитным способом на магнитофонную ленту, образующую замкнутое кольцо.

Звук, записанный на этом кольце, повторяется столько раз, сколько нужно для определения его высоты. Дополнительное устройство—тонгрейфер—выделяет из звукозаписи на магнитном кольце короткие участки длительностью около $\frac{1}{16}$ секунды. Высота звука на каждом участке с большой точностью определяется специальным прибором—хроматическим стробоскопом. Для звуков, обладающих вибрато, бралась средняя величина, так как многочисленные исследования показали, что в случаях небольшого вибрато, не превышающего 50 центов, воспринимаемая высота звука находится приблизительно в середине, между крайними высотными отклонениями вибрирующего звука по высоте.

Тема главной партии

Такты 9-12

Интервал шире темперир. 13

10 18 32

Интервал уже темперир.

4 15 22 13

+28 +15 +11 +15 +30 +8 +21 +11 -7 +25 +34

1^b

Тема заключительной партии

Такты 1-4
(167-170)¹⁾

Интервал шире темперир. 12

8 20 2 14 17

Интервал уже темперир.

+15 +3 -5 +9 +18 +26 +6 +4 -10 +7 +20

1^г

Разработка

Такты 37-44
(261-268)

Интервал шире темперир. 2 15 8

1 10 27

Уже темперир.

+3 +12 +14 +15 0 +8 +23 -2 +3 +4 -2 -12 +15 +7

2^a

Тема связующей партии

Такты 1-2
(75-76)

Интервал шире темперир. 25

Интервал уже темперир.

+2 +27 +36 +8 +32 +16 +22 +10



1) В скобках дается нумерация тактов от начала произведения

2^b

Разработка

Такты 1-2
(225-226)

Интервал шире темперир.

Интервал уже темперир.

Интервал темперир.

22 19 25 17

13 29

0
+3 +3 +25 +6 +31 +11 +1 +30

p agitato

2^a

Кода

Такты 1-2
(472-473)

Интервал шире темперир.

Интервал уже темперир.

33

8 2 22 24 13 9

-36 -3 +5 +3 +25 +1 +14 +5

2^г

Кода

Такты 9-10
(480-481)

Интервал шире темперир.

Интервал уже темперир.

4

31 5 9 8

4 18

-2 +2 +33 +28 +19 +27 +31 +13

Экспозиция

3^a

Тема побочной партии

Такты 1-4
(138-141)

Интервал шире темперир.

Интервал уже темперир.

Интервал темперир.

11 8 10

4 3 3

0

+14 +10 +13 +16 +5 +5 +13 +13 +3

pp tranquillo

Тема побочной партии

Такты 1-4
(385-388)

Интервал шире темперир. 1 18 28 9 11 2
 Интервал уже темперир. 17



Исследования, опубликованные в «Трудах кафедры теории музыки», показали, что именно в изменениях величины интервалов, а не в интонировании ступеней лада в наибольшей мере проявляются связи интонационного процесса с музыкальным развитием. Следовательно, сужение или расширение интервала является определенным средством выразительности. Поэтому в данной работе связи интонационного процесса исполнения с характером музыкальных образов и тематическим развитием произведения исследуются в этом же разрезе.

Все точные отклонения интервалов от темперированных, приведенные в соответствующих таблицах, не дают наглядного представления об общей тенденции при исполнении. Поэтому цифровые данные каждого тематического отрывка обобщаются и изображаются в виде графиков. Только обобщение результатов дает возможность сравнивать степень отклонений интервалов от темперированных в различных тематических построениях. Так, например, для построения графика (см. рис. 19а) используется цифровой материал примеров № 1а, 1б, 2а, 2в, 3а, 3б. Все числа, выражающие отклонения интервалов от темперированных, в примере № 1а складываются, и вычисляется среднее значение, которое и откладывается по вертикали в определенном масштабе (1 цент = 1 мм). Подобным образом вычисляется средняя величина отклонений интервалов от темперированных и в других примерах. Из рис. 19а ясно видно, что основное тематическое ядро главной партии интонируется Ойстрахом с меньшими отклонениями интервалов от темперированных, чем при повторении этого же материала в начале второго предложения (тт. 9—12). Тема связующей партии (тт. 75—76) интонируется с еще большими отклонениями интервалов. Интонирование же темы побочной партии отличается незначительными отклонениями интервалов (тт. 138—141).

Рисунки 19 и 20, в которых показываются средние величины отклонений интервалов от темперированных, используются в первых двух разделах работы.

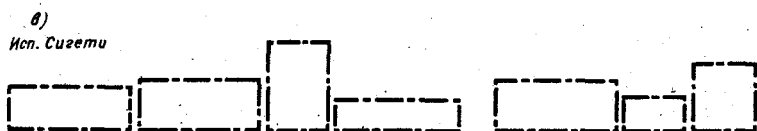
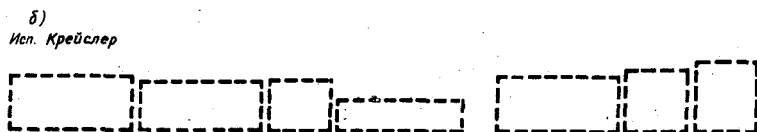
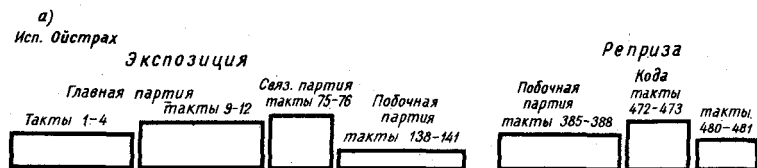


Рис. 19
График средней величины интонационных отклонений

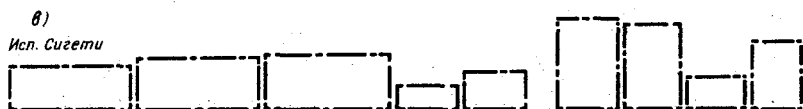
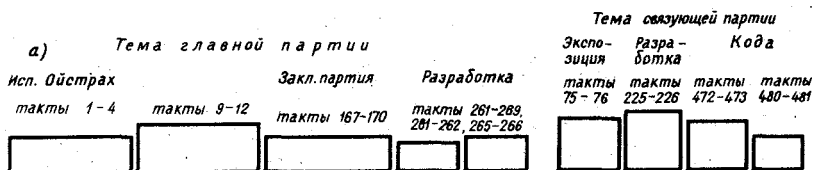


Рис. 20
График средней величины интонационных отклонений

Третий раздел работы связан с другими средствами выразительности, а именно с изменениями высотного уровня интонирования. Соответствующие графики приложены и объяснены в разделе «О связях интонирования с тональным планом произведения».

О связях интонирования с характером музыкальных образов

В процессе работы над исследованием звуковысотной стороны исполнительского творчества было замечено, что исполнение эмоционально насыщенных произведений обычно сопровождается большими отклонениями интервалов от температуры, чем исполнение произведений спокойного характера. Например, при исполнении таких драматических произведений, как этюд Шопена ор. 25 № 7, «Сомнение» Глинки и т. п., в большинстве случаев наблюдаются довольно значительные отклонения интервалов от температуры. Исполнение «Песни без слов» Ребикова в целом отличается меньшими отклонениями интервалов от темперированной величины. Что же касается такого произведения, как «Песня вечерней звезды» Вольфрама из оперы Вагнера «Тангейзер», то спокойный, уравновешенный характер музыки отражается на интонировании всех интервалов: здесь нет ни больших сужений, ни больших расширений, все интервалы очень близки к темперированным.

Кроме того, было замечено, что в произведениях более светлых по настроению (Шуман, «Грезы»; Ребиков, «Песня без слов») значительно чаще встречаются отклонения от температуры в сторону расширения интервалов, чем в сторону их сужения. И наоборот — в ярко драматических произведениях (Шопен, этюд ор. 25, № 7) наблюдается тенденция к сужению интервалов.

Но во всех указанных произведениях господствует один музыкальный образ, нет ярких тематических контрастов и интенсивного тематического развития. Поэтому для более глубокого изучения влияния внутренней динамики музыкального развития на интонирование была взята форма сонатного *allegro*, в основе которой лежит противопоставление контрастирующих тем в экспозиции, их развитие в разработке и приведение к большему единству в репризе.

Анализ тематического материала из первой части концерта для скрипки с оркестром Мендельсона в исполнении Ойстраха, Крейсера и Сигети не только подтвердил ранее выявленные закономерности, но и дал возможность проследить, как интонационными средствами выразительности подчеркиваются изменения музыкального образа в процессе его развития. Так, например, интонационные средства используются для изменения степени контраста между главной и побочной пар-

тиями в экспозиции и репризе. В экспозиции концерта драматическая эмоциональная тема главной партии и еще более драматическая и напряженная тема связующей партии (основанная на материале главной партии) исполняются всеми тремя артистами с более значительными отклонениями интервалов от темперированных, чем спокойная повествовательная тема побочной партии, контрастирующая по отношению к первым двум темам. В репризе же, где тематический контраст между главной и побочной партиями несколько уменьшается, побочная партия всеми артистами исполняется с большими интонационными отклонениями. Тему связующей партии, наоборот, некоторые исполнители (Ойстрах и Сигети) трактуют в коде менее остро и напряженно и исполняют с несколько меньшими интонационными отклонениями. Контраст сглаживается. Правда, в исполнении Крейсlera тема связующей партии в коде еще более динамизируется, но и побочная партия исполняется значительно эмоциональнее, вследствие чего контраст также уменьшается. В рисунках 19а, б, в дается наглядное изображение всех этих интонационных нюансов.

Характер музыкального материала подчеркивается в исполнении не только изменением величины отклонений интервалов от темперированных, но и направлением этих отклонений. Рассмотрим это на примере исполнения темы связующей партии. Характер этой темы острый и напряженный. Элементы драматизма, заложенные в главной партии, усиливаются и достигают в связующей партии максимального развития. Драматический характер этой темы всеми тремя исполнителями подчеркивается не только широким размахом отклонений от темперации, но и более «темной» интонационной окраской суженных интервалов. Во всех проведениях темы связующей партии (в экспозиции, разработке и коде) почти все отклонения от темперации направлены в сторону сужения интервалов.

Светлая лирическая тема побочной партии интонируется всеми исполнителями с тенденцией к расширению интервалов в экспозиции и особенно в репризе.

Интересно отметить, как исполнители тонкими интонационными штрихами выявляют изменение характера тематического материала главной партии в процессе его развития от более драматического в первоначальном изложении к просветленному — в заключительной партии (тема излагается в параллельном мажоре) и далее к полному успокоению в разработке.

В исполнении Ойстраха этот переход очень ярко подчеркивается все более частым использованием расширенных интервалов (см. примеры № 1а, 1б, 1в, 1г).

В исполнении Крейсlera интервалы последовательно сужаются все в меньшей и меньшей степени, то есть повторение тематического ядра главной партии в начале второго предложения интонируется с меньшими отклонениями интервалов в

сторону сужения, чем в первом предложении. В заключительной партии этот же тематический оборот интонируется с еще меньшими отклонениями интервалов от темперации.

В исполнении Сигети не наблюдается постепенного перехода от более узких интервалов к менее узким, но просветленный характер тематического материала заключительной партии, так же как и у Крейсlera, сопровождается меньшими отклонениями интервалов в сторону их сужения.

Последнее проведение тематического ядра главной партии в разработке появляется после кульминации, в начале спада общего напряжения. Мелодическая линия, состоящая из двух взлетов, создает, в сочетании с общим замедлением темпа и ослаблением звучности, впечатление большого расширения и растворения мелодии. Этот характерный мелодический оборот интонируется всеми исполнителями так, что последний восходящий интервал большой сексты, повторяющийся дважды, расширяется, причем во второй раз в еще большей степени. Этот тонкий интонационный нюанс как бы подчеркивает то ощущение особой широты, устремления вдаль, которое создается самим характером музыки.

Таким образом, анализ сонатного *allegro* (I ч.) концерта Мендельсона показал, что интонационные средства выразительности используются не только для характеристики музыкальных образов, но и для раскрытия динамики их развития.

О связях интонирования с тематическим развитием произведения

В работе, помещенной в сборнике «Труды кафедры теории музыки»¹, были опубликованы данные об общих закономерных связях звуковысотного интонирования с элементами музыкальной формы, которые, в основном, сводятся к тому, что впечатление завершенности развития какого-либо раздела произведения при исполнении сопровождается уменьшением степени отклонений интервалов, приближением к темперации, и, наоборот, активное развитие музыкального материала обычно сопровождается увеличением степени отклонений интервалов от темперированных. Эти выводы получили подтверждение в настоящей работе, причем оказалось, что именно в связях интонационного процесса исполнения с тематическим развитием произведения в наибольшей степени проявляется индивидуальность артиста. При исполнении первой части концерта для скрипки с оркестром Мендельсона индивидуальные особенности интонирования выявились в раскрытии динамики развития темы главной и связующей партий.

¹ Труды кафедры теории музыки. Музгиз, 1960. О. Сахалтуева. О некоторых закономерностях интонирования в связи с формой, динамикой и ладом.

Интонационная трактовка тематического ядра главной и связующей партий на разных этапах развития музыкального произведения глубоко индивидуальна. В каждом исполнении имеется своя определенная линия интонационного развития, связанная с общим исполнительским замыслом. Приводимые выше графики ясно показывают, в чем заключаются индивидуальные различия.

В исполнении Ойстраха второе проведение тематического ядра главной партии (такты 9—12) является своеобразной кульминацией, интонируется с наибольшим эмоциональным подъемом — размах отклонений интервалов от темперированных увеличивается. В третий раз — в заключительной партии, где тема главной партии дается в параллельном мажоре (такты 167—170), — исполнитель подчеркивает момент репризности. Этот тематический оборот он интонирует так же, как и в первоначальном проведении. Появление же мотива главной партии в разработке после кульминации, на спаде общего напряжения (такты 261—269), по интонационной трактовке можно рассматривать своеобразным дополнением к репризе. Такое же соотношение в интонационных отклонениях наблюдается и при интонировании тематического материала связующей партии. Разница заключается лишь в том, что весь тематический материал связующей партии интонируется с большим интонационным размахом, что связано, очевидно, с более острым и напряженным характером этой темы (см. рис. 20а).

В исполнении Крейсера наблюдается совершенно другая трактовка этого тематического материала. Максимальная интонационная «напряженность» относится к первоначальному изложению темы главной партии и далее, при каждом последующем проведении, постепенно снижается, достигая в разработке наименьшей величины отклонений интервалов от темперированных. В интонировании темы связующей партии наблюдается противоположная тенденция. В экспозиции Крейслер исполняет ее с наименьшими отклонениями (хотя степень этих отклонений совпадает с максимальными отклонениями первого проведения темы главной партии), а при каждом последующем повторении (в разработке и коде) интонационная «напряженность» постепенно усиливается и в последний раз достигает своего максимума.

Таким образом, в исполнении Крейсера темы главной и связующей партий объединены общей линией интонационного развития (см. рис. 20б).

Исполнение Сигети существенно отличается от исполнения Крейсера. Тематический материал главной и связующей партии по интонационной структуре также объединяется общей линией интонационного развития, но эта линия имеет совсем иную форму (см. рис. 20в).

Итак, исследование интонирования каждой темы данного

концерта на разных этапах формы в исполнении Ойстраха, Крейсера и Сигети показали, что индивидуальные особенности интонирования этих артистов проявились в различном интонационном развитии тематического материала главной и связующей партий.

К общим же закономерностям относится выявление основного принципа в интонировании тематического материала сонатного *allegro*, то есть подчеркивание интонационными средствами противопоставления контрастирующих тем в экспозиции и сближения их в репризе. Этот вывод пока является предварительным и нуждается в дальнейшем подтверждении.

О связях интонирования с тональным планом произведения

Анализ исполнения первой части концерта Мендельсона показал, что связи интонирования с тональным планом произведения заключаются в следующем: модуляции и отклонения, которые встречаются при разворачивании тематического материала, обычно сопровождаются изменением среднего интонационного уровня (повышением или понижением). Так, например, в развитии тематического материала побочной партии имеется отклонение из тональности соль мажор в ля минор, которое у всех трех исполнителей сопровождается небольшим повышением интонационного уровня:

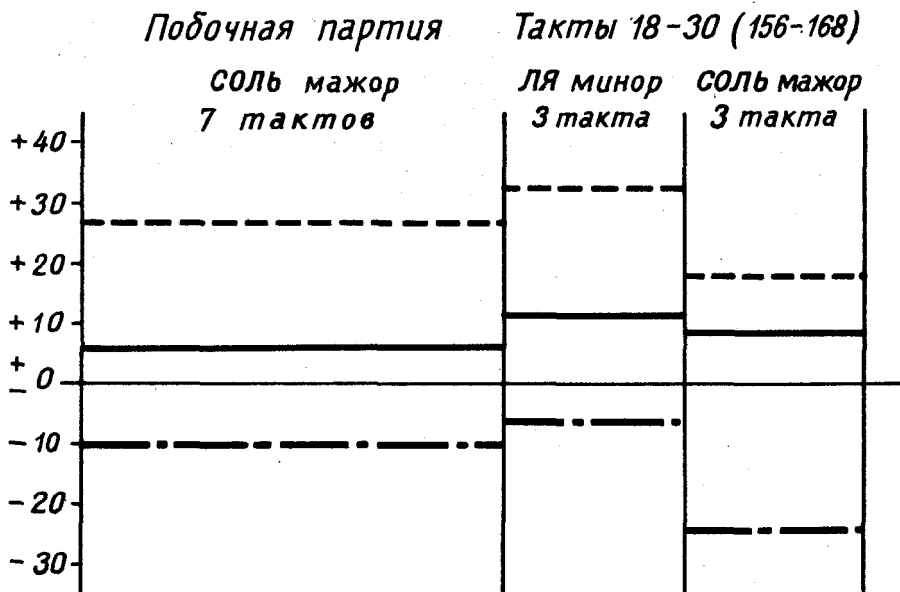


Рис. 21

Нулевая линия соответствует настройке звуков по темперированному строю при стандарте высоты $la=440$ герц.

По вертикали откладываются отклонения от этого нулевого уровня, выраженные в сотых долях полутона (в центрах).

По горизонтали наносятся отрезки, соответствующие относительной величине, сравниваемых между собой тематических построений. Эти отрезки отделены друг от друга вертикальными линиями.

Средний интонационный уровень в исполнении Ойстраха обозначается сплошной линией: —

Средний интонационный уровень в исполнении Крейсера обозначается пунктирной линией: - - - -

Средний интонационный уровень в исполнении Сигети обозначается пунктиром с точкой — . — .

В изложении темы связующей партии отклонение из ми минора в ре мажор подчеркивается каждым исполнителем довольно заметным понижением высоты (см. рис. № 22).

Интонирование хроматических секвенций подчиняется тем же закономерностям (см. рис. №№ 23, 24).

Только в исполнении Крейсера делаются отклонения в противоположную сторону.

Соотношения тональностей того или иного тематического построения, встречающегося в различных частях формы, также сопровождаются изменением среднего интонационного уровня.

Очень показательны интонирование одного и того же тематического материала в главной и заключительной партиях концерта. Первый четырехтакт темы главной партии повторяется в начале второго предложения, где интонируется всеми исполнителями на таком же интонационном уровне, как и в первом предложении. В заключительной же партии, которая начинается с проведения тематического ядра главной партии в тональности соль мажор, средняя высота интонирования у всех исполнителей заметно изменяется по сравнению с проведением этого же тематического материала в начале экспозиции (см. рис. № 25).

Кроме того, сравнивая интонирование всего тематического материала, изложенного в тональности ми минор (тема главной партии, тема связующей партии в экспозиции и коде), с интонированием побочной и заключительной партий в тональности соль мажор, можно заметить, что у всех трех исполнителей наблюдается резкое отличие в интонационных уровнях этих тональностей, несмотря на обусловленные разными причинами колебания высоты внутри каждой данной тональности (см. рис. № 26).

Следует отметить, что при отклонениях в тональности главных ступеней лада средний интонационный уровень изменяется на значительно меньшую величину, чем при отклонениях в тональности таких побочных ступеней, как третья, седьмая натуральная и отчасти вторая. Характерным примером может

Тема связующей партии

Такты 1-4 (75-78)

МИ минор

РЕ мажор

2 такта

2 такта

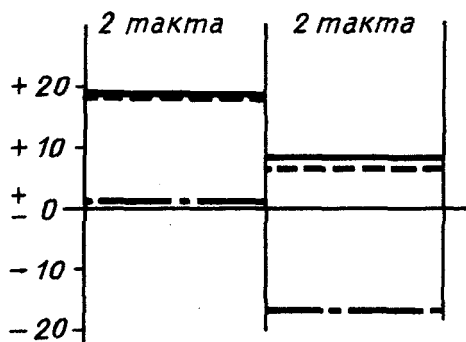


Рис. 22

Разработка

Такты 5-8 (225-228)

МИ минор

СИ минор

2 такта

2 такта

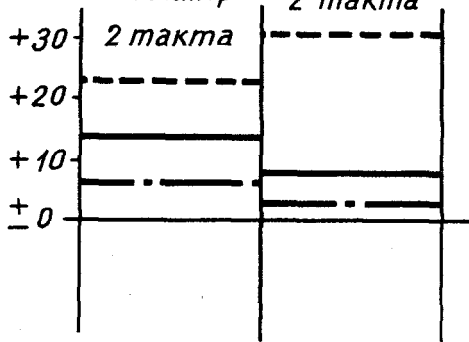


Рис. 23

Кода

Такты 11-12 (481-482)

РЕ мажор

МИ минор

1 такт

1 такт

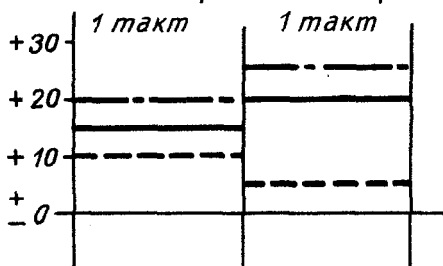


Рис. 24

Тема главной партии

Заключительная партия

1^{ое} предложение

2^{ое} предложение

СОЛЬ мажор

такты 1-4

*МИ минор
такты 1-4*

*МИ минор
такты 1-4*



Рис. 25

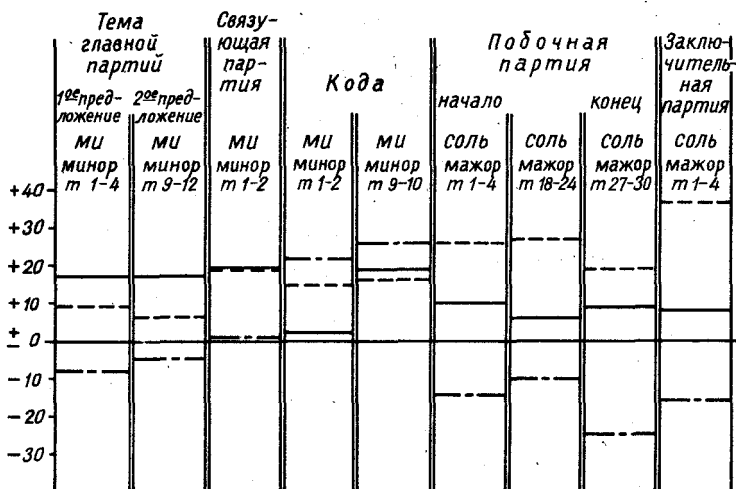


Рис. 26

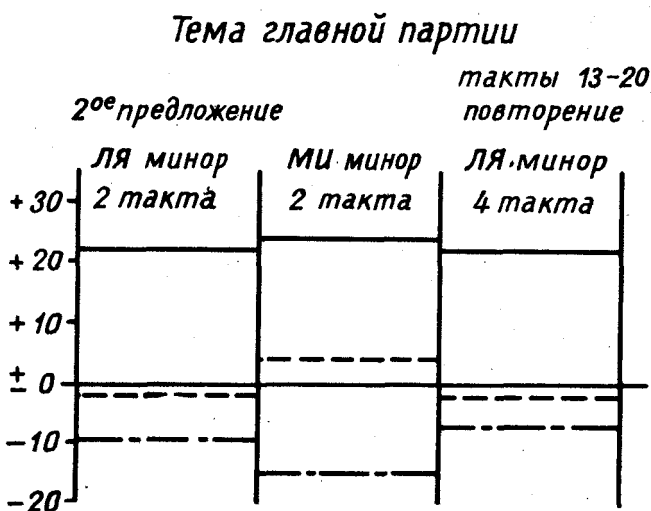


Рис. 27

служить второе предложение главной партии, где переход из ля минора в ми минор вызывает изменение высотного уровня интонирования всего лишь на 2—6 центов (см. рис. № 27).

Разработка начинается с проведения тематического материала связующей партии в тональности субдоминанты (ля минор). У всех исполнителей интонационный уровень изменяется при этом также на 3—6 центов (см. рис. № 28).

В закономерных изменениях среднего интонационного уровня, наблюдаемых при появлении каждой новой тональности, можно заметить некоторое сходство с основной тенденцией интонирования ступеней лада исполнителями на смычковых инструментах. Так, например, ранее было выяснено, что звук VII натуральной ступени исполнители на смычковых инструментах обычно интонируют с тенденцией к понижению.

В соответствии с этим и отклонение в тональность VII натуральной ступени характеризуется понижением среднего высотного уровня у всех исполнителей (см. рис. 22). Звук II ступени лада, наоборот, интонируется исполнителями преимущественно с тенденцией к повышению¹. Значительное большинство отклонений в тональность второй ступени, встречающихся в данном произведении, также интонируется исполнителями с небольшим повышением среднего высотного уровня (см. рис. 21).

III ступень в минорном ладу, как показали предыдущие исследования, не имеет явно выраженной тенденции к понижению. Интонирование этой ступени очень индивидуально. Она является для исполнителя своеобразной эмоциональной краской². Модуляция в III ступень трактуется исполнителями также по-разному. У двух исполнителей—Ойстраха и Сигети—тональность соль мажор в побочной и заключительной партиях концерта звучит на более низком интонационном уровне, чем ми минор в главной партии, связующей партии и коде. У Крейсlera же наоборот — появление тональности соль

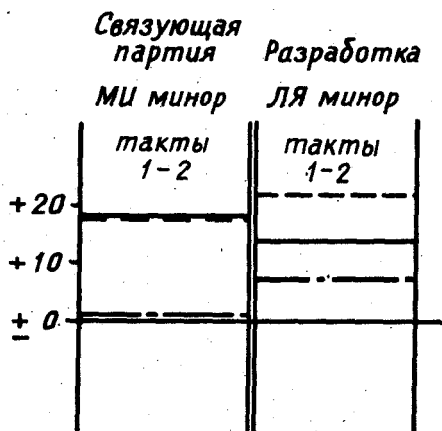


Рис. 28

¹ Труды кафедры теории музыки. Музгиз, 1960, стр. 369.

² Там же, стр. 373.

мажор сопровождается повышением средней высоты интонирования (см. рис. 26).

Характерно, что интонирование мелодии в тональности соль мажор данными исполнителями совпадает с их тенденцией интонирования звука *соль* в тоническом трезвучии ми минор. У Ойстраха и Сигети значительно чаще встречается понижение этого звука, в то время как у Крейсlera — повышение.

Итак, на основании исследования интонирования сольной партии концерта для скрипки с оркестром Мендельсона в исполнении Ойстраха, Сигети и Крейсlera можно сделать вывод о том, что весь интонационный процесс исполнения в данном случае тесно связан с тональным планом произведения. При этом тенденции в интонировании отдельных тональностей совпадают с закономерностями интонирования аналогичных ступеней лада.

* *
*

Интонационный анализ сонатного *allegro* в исполнении разных артистов не только уточнил и расширил данные об общих закономерных связях интонирования с различными элементами музыкального произведения, но и позволил наметить некоторые индивидуальные интонационные особенности исполнения данных артистов.

Работу по изучению творческой интерпретации данного произведения предполагается в дальнейшем продолжить в сторону комплексного исследования всех средств выразительности объективными методами. Только всестороннее изучение всех средств выразительности (агогики, динамики, тембра и интонации) позволит по-настоящему глубоко познать сущность исполнительского творчества.

Но данные объективного анализа исполнительского творчества могут быть в полной мере оценены только после сопоставления их с особенностями музыкального восприятия.

Таким образом, конечным этапом подобных работ является исследование взаимосвязи объективных данных исполнения с субъективной оценкой слушателей.

Е. Назайкинский, Ю. Рагс

ВОСПРИЯТИЕ МУЗЫКАЛЬНЫХ ТЕМБРОВ И ЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ГАРМОНИК ЗВУКА

Рассматривая историческую эволюцию музыкально-выразительных средств, можно отметить следующий интересный факт. Если на первых этапах развития музыкальной культуры тембр не играл роли индивидуализированного средства выразительности, то на последующих этапах этой стороне музыкального звучания уделяется больше творческого внимания. В частности, это проявляется в стремлении все более разнообразно и тонко использовать тембровые возможности как отдельных инструментов, так и их сочетаний. Это нашло свое отражение также и в более дифференцированной системе исполнительских штрихов, с помощью которых музыканты могут воздействовать на тембр звучания. Наглядной иллюстрацией эволюции тембра может служить сравнение партитур старинных и современных оркестровых произведений. Современных композиторов не могли бы удовлетворить скромные ресурсы звуковых красок старинного оркестра; уровень развития слуха теперь требует большего разнообразия звуковых нюансов, более ярких колористических эффектов.

В этой связи удивительным является тот факт, что в музыкальных учебных программах развитию тембрового слуха у учащихся уделяется очень мало внимания. На первом этапе обучения процесс развития тембрового слуха никак не контролируется и не направляется. Учащийся получает представление о выразительных возможностях, в основном, только того инструмента, на котором он сам играет. В несколько лучшем положении находятся учащиеся оркестровых отделений, поскольку им приходится играть в оркестре. Будущие композиторы, теоретики имеют очень мало возможностей развивать

свой тембровый слух, хотя такой слух является одним из необходимых условий их дальнейшей деятельности. Мало внимания уделяется развитию тембрового слуха даже в специальных курсах инструментоведения и инструментовки. Звуковые иллюстрации здесь бывают обычно немногочисленными и случайными.

В курсах сольфеджио до самого последнего времени занимаются, в основном, развитием звуковысотного (ступеневого) и ритмического слуха. Одна из форм развития музыкального слуха — музыкальные диктанты — проводилась почти исключительно с помощью фортепиано.

Благодаря повышению качества звукозаписи, в настоящее время появилась возможность широко использовать новую форму совершенствования тембрового слуха — «тембровые диктанты». Речь идет о таких диктантах, в которых одноголосная мелодия или многоголосная ткань исполняется на разных музыкальных инструментах. Выпущенная в 1960 году граммофонная пластинка «Музыкальные диктанты»¹ использует отрывки из звукозаписей, исполненные в оригинальной инструментовке. Это очень ценное начинание позволяет приблизить курс сольфеджио к художественной практике.

Как показывает опыт работы с этими диктантами, новые тембры нередко затрудняют восприятие звуковысотных соотношений.

Ученики плохо запоминают мелодию, не всегда правильно определяют интервалы, ладовые функции звуков. Нередко учащиеся затрудняются записать очень простую мелодию, которая в фортепианном исполнении дается им легко. Конечно, большое значение здесь имеют такие факторы, как более свободное интонирование, разнообразие способов перехода от звука к звуку, часто менее четких, чем на фортепиано, гибкие фразировочные и темповые изменения, присущие художественному исполнению. Не меньшую роль играют здесь тембровые факторы. Помимо чисто внешнего эффекта, производимого новым, ранее не употреблявшимся тембром, отвлекающим внимание от звуковысотной стороны, влияние тембра на восприятие высоты может проявляться и в других формах. Например, часто встречаются ошибки в определении регистра — учащийся записывает звук не в той октаве, в которой он действительно берется; низкие звуки на некоторых инструментах определяются по высоте с трудом.

Введение в практику нового вида диктантов ставит перед наукой задачу исследовать влияние тембров различных инструментов на восприятие высоты.

¹ «Музыкальные диктанты». Учебное пособие по курсу сольфеджио. Составители — педагоги ГМПИ им. Гнесиных П. Лобанов, Е. Давыдова и Р. Берберов. Всесоюзная студия грамзаписи, 1960 г. (Д-05848, Д-05849).

Хороший тембровый слух чрезвычайно необходим музыкантам различных профилей, и в первую очередь композиторам, дирижерам и занимающимся оркестровкой. Воспитание слуха у музыкантов этих специальностей выдвигает на первый план несколько иную задачу: раскрытие выразительных возможностей различных тембров, изучение особенностей художественного восприятия тембров. С другой стороны, решение этой задачи важно не только для воспитания слуха, но и для дальнейшей более глубокой разработки теории оркестровки. Практика оркестровки накопила к настоящему времени большое количество «рецептов», следуя которым можно вполне прилично, грамотно оркестровать, даже не зная практически оркестра, его звучаний. Эти рекомендации по оркестровке в большинстве своем были найдены эмпирически, в результате длительной практики композиторов, дирижеров. По такому же пути идут и изобретатели электромузыкальных инструментов, занятые поисками новых тембров. Здесь много бывает неудач, и находки являются случайными. Поиски ведутся вслепую, наощупь. Причины этих трудностей заключаются в сложности самих тембровых явлений, в большом их разнообразии, в недостаточной изученности их.

Можно ли разрешить эти трудности? Нам представляется, что музыкальная акустика с ее точными методами исследования, с ее специальной измерительной аппаратурой, могла бы дать много материала для научного объяснения тембровых явлений.

К сожалению, изучению тембра в музыкальном аспекте посвящено сравнительно небольшое количество акустических исследований. Обзор литературы по тембрам музыкальных инструментов показывает, что основная часть работ в этой области посвящена исследованиям, в которых рассматривается физическая сущность тембра. Исследователи пытаются проникнуть в тайну окраски музыкальных звуков, узнать, от чего же зависит их тембр. В некоторых работах с этой точки зрения рассматриваются конкретные музыкальные инструменты, анализируются их звуковые спектры¹. В других работах рассматриваются отдельные составные части спектров музыкальных звуков — обертоны, гармоника, частичные тоны, форманты и даже унтертоны.

Такого рода работы, основанные на объективном анализе тембра, дали возможность искусственным путем, путем синтеза, получать звуки, имитирующие звуки музыкальных инструментов. В последнее время область синтеза приобрела осо-

¹ Таковы, например, работы американских авторов Сивяна, Дунна и Уайта, касающиеся почти всех инструментов симфонического оркестра, а также исследования немецких авторов Мейера и Бухмана, составивших атлас спектров музыкальных инструментов (1930—1931).

бенно большое значение в связи с развитием электромузыкальных инструментов. Для изучения выразительных возможностей тембра недостаточно одного знания объективной физической сущности этого сложного элемента музыкального звучания. Никакие самые совершенные анализы, никакие графики и спектры не в состоянии дать представления о характере звуков. Необходима музыкально-эстетическая оценка звучания, оценка качества тембра. Понятно поэтому появление работ психологического направления, в которых момент восприятия тембра исследуется в первую очередь.

Нужно сказать, что таких работ сравнительно мало. К тому же, по большей части они носят общий характер. «Образность в описании качеств звука» Сальмона Винцента, «Об оценке звуковых сочетаний» Макса Мейера, «Приятные и неприятные звуки» Партриджа Н.¹ и другие подобные работы характерны тем, что в них отсутствует необходимая связь между субъективными оценками качества музыкального звука и объективными данными об этом звуке. Отсутствие достаточно обоснованных работ в этой области объясняется тем, что слабо была развита техника звукозаписи, техника акустического анализа и синтеза.

В настоящее время, когда акустическая аппаратура стала более совершенной, появилась возможность проведения таких исследований тембра, в которых объективные сведения о тембрах были бы тесно связаны с особенностями их восприятия, с музыкально-выразительными свойствами. Именно такого рода работы могут дать практическую пользу музыкантам, помогут им на основе знаний, ясного понимания тембровых явлений, вести более плодотворно поиски новых выразительных возможностей музыкальных инструментов и оркестров, решать разнообразные творческие и педагогические задачи в области воспитания слуха, оркестровки, сочинения музыки.

Одной из подобных работ является последняя работа Н. А. Гарбузова «Зонная природа тембрового слуха»², где рассматривается проявление в восприятии тембра одной из наиболее общих закономерностей восприятия, названной автором «зонностью». Изучая звуковые спектры, Н. А. Гарбузов установил, что некоторые из них, казалось бы внешне мало похожие друг на друга, принадлежат одному определен-

¹ Salmon Vincent. «Imagery in describing tone quality», J. Acoust. Soc. Am. 19. p. 731. 1947.

Meyer M. «Ueber Beurteilung zusammengesetzter Klänge». Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. Leipzig. (1900). 20. Nr. 13.

Partridge N. «Sounds—pleasant a. unpleasant (Study of the complex nature of musical sounds)». Wireless world, 1939, V. 44, p. 145—147.

² Гарбузов Н. А. «Зонная природа тембрового слуха». Музгиз, М., 1956.

ному виду инструмента, например кларнету. Если, по Э. Мейеру и Г. Бухману, кларнету соответствует только один спектр, то, согласно работе Н. А. Гарбузова, этому инструменту соответствует несколько спектров, отличающихся в известной мере друг от друга. Данные Гарбузова говорят о том, что имеется определенная зона, в пределах которой изменения спектра не влияют на узнавание тембра. Эта работа намечает дальнейшие пути исследования тембра. Появляется возможность изучить типические отличительные особенности спектра звуков музыкальных инструментов того или иного типа. Можно также начать исследование выразительного значения небольших «внутризонных» изменений тембра, широко используемых музыкантами-исполнителями.

В настоящей статье мы попытаемся осветить вопрос о значении отдельных гармоник сложного звука для восприятия тембра, о том, как влияют изменения их громкости на характер звучания. Как нам представляется, решение этого вопроса является одним из звеньев в исследовании выразительного значения небольших «внутризонных» изменений тембра.

Как известно, тембр обычно ставится в один ряд с такими элементарными качествами музыкальных звуков, как высота и громкость.

Но если высота и громкость — сравнительно простые качества (высота определяется частотой колебаний, громкость — в основном интенсивностью колебаний), то тембр, являющийся для восприятия безусловно элементарным качеством, труднее всего связать с одной физической характеристикой.

Гармонический обертоновый состав звука — один из важнейших элементов, определяющих восприятие тембра. Нельзя не принимать во внимание и целый ряд других факторов, активно влияющих на восприятие тембра. Это — атака (начальный момент звука) и затухание (заключительный момент), это — шумовые компоненты, вибрато, форманты (группы усиленных гармонических и негармонических частичных тонов).

Нужно учитывать также влияние побочных моментов на конечный результат — восприятие тембра, воздействие таких факторов, как громкость и высота звука, окружение конкретного звука в музыкальной ткани и т. д. Хотя все эти факторы и отходят по сравнению с обертонами на второй план, их роль для восприятия очень велика. Достаточно, например, звук скрипки «лишить» шумовых призвуков (это можно сделать на электромузыкальном инструменте), как этот звук будет почти неузнаваем; по существу, возникнет новый тембр. Еще больший эффект в изменении тембра ощущается при включении или, наоборот, выключении особого приема испол-

нения — вибрато. При этом все может остаться неизменным: и гармонический состав звука, и атака, и затухание, и другие компоненты; достаточно лишь прибавить вибрато, как звук оживится, станет теплее, полнее, насыщеннее.

Итак, если характеризовать тембр с физической стороны, то следует подчеркнуть, что определяющими его факторами являются не только гармонические призвуки—обертоны, но и негармонические шумовые компоненты, а также вибрато, форманты, атака и затухание звука. Тембр, таким образом, — очень сложный «элемент» музыкального звука.

Если же характеризовать тембр только со стороны восприятия, можно говорить о нем, как это обычно и делается, как о таком качестве, которое отличает звуки одинаковой высоты и одинаковой громкости, исполненные на разных инструментах или на одном и том же инструменте, но различными способами, различными приемами звукоизвлечения.

Мы видим, что с физической стороны тембр весьма сложен, а для восприятия это — простое, элементарное качество. Такое соотношение объективного и субъективного в тембре затрудняет исследование его выразительных свойств. Эта трудность усугубляется еще тем, что в живом музыкальном звучании все эти физические элементы, определяющие тембр, находятся в постоянном движении, изменении. Их соотношение все время изменяется.

Каким же образом можно установить, какое воздействие оказывает каждый из физических компонентов на восприятие выразительных свойств целого? Очевидно, более правильным путем будет такой, при котором для исследования выделяется какой-нибудь один из этих элементов. Изменения этого элемента на фоне неизменных других дают возможность экспериментальным путем установить, в какой степени он влияет на характер звука. Разумеется, такое выделение изолированных, единичных элементов является начальным этапом исследования.

В настоящей работе в качестве такого элемента, как уже говорилось, был выбран имеющий большое значение для восприятия гармонический состав звукового спектра. Выяснялась связь между изменениями отдельных гармоник по их громкости и возникающими при этом изменениями окраски звука.

Известно, что музыкальный звук представляет собой комплекс одновременно звучащих тонов различной высоты и интенсивности. Самый низкий из этих тонов называется основным, остальные получили название обертонов. По основному тону мы судим о высоте данного звука. Обертоны же обычно сливаются с основным тоном и отдельно не воспринимаются. Весь этот комплекс частичных тонов называется звуковым спектром. Как правило, интервальный ряд, образуемый

этими частичными тонами, характеризуется наиболее простыми, гармоническими соотношениями частот колебаний. В основе этих соотношений лежит натуральный ряд чисел — 1, 2, 3, 4, 5 и т. д. Так, например, в состав звука *до* большой октавы входят следующие частичные тоны:



Здесь основной тон имеет частоту 65, 41 колебания в секунду. Второй частичный тон — звук *до* малой октавы — имеет вдвое большую частоту — 130,82 кол/сек, третий — *соль* малой октавы — втрое большую частоту, четвертый — вчетверо большую и т. д. Такой ряд звуков называется натуральным или гармоническим, а входящие в него тоны — гармониками.

Если высотные соотношения между гармониками можно выразить рядом чисел или в виде нотного примера, то соотношения между ними по громкости удобнее всего выразить графически. Обычно на таких графиках спектр изображается в виде ряда вертикальных линий — гармоник, причем высота этих линий пропорциональна интенсивности гармоник. Вот пример графического изображения спектра звука *ми* малой октавы, исполненного на валторне¹:

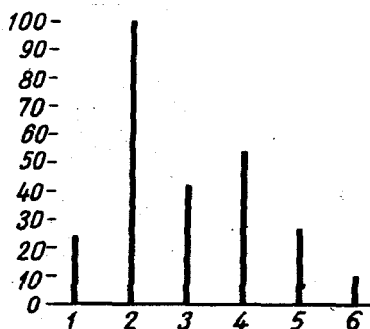


Рис. 29

¹ Пример заимствован из работы Н. А. Гарбузова «Зонная природа тембрового слуха». Музгиз, М., 1956 г., стр. 24.

Как видно из этого примера, самым громким является второй частичный тон, то есть звук *ми* первой октавы. Основной же тон имеет незначительную громкость — всего 23% от громкости второго частичного тона.

Такой график позволяет также судить о числе гармоник; в данном случае, как видно, прибором зарегистрировано шесть первых гармоник.

Число гармоник и их интенсивность сильно влияют на характер тембра того или иного звука.

Для того чтобы установить, в чем конкретно проявляется это влияние, в лаборатории музыкальной акустики Московской государственной консерватории были проведены специальные эксперименты.

Для экспериментов был использован имеющийся в консерватории электроорган фирмы Хаммонд. На этом органе можно, пользуясь специальными приспособлениями, устанавливая и точно фиксировать интенсивность любых отдельных гармоник и таким образом получать большое количество разных тембров. Орган Хаммонда удобен для данных экспериментов, так как он практически исключает различия атаки и затухания в звуках любых тембров, благодаря чему изменения тембра на этом органе зависят исключительно от спектрального состава звука¹.

В каждом опыте испытуемым предлагалось прослушать мелодию в разных вариантах выбранных тембров и затем охарактеризовать субъективные впечатления от данного тембра.

При разработке методики экспериментирования предполагалось, что роль отдельных гармоник в спектре звука определяется двумя основными факторами: их относительной высотой и относительной интенсивностью.

Что касается первого фактора, то имелось в виду следующее. Гармоники являются простыми звуками, то есть не имеют своих собственных, вторичных гармоник. И хотя наличие гармоник во многом определяет и обуславливает тембр звука, простые звуки, не имеющие обертонов, в восприятии вовсе не представляются бестембровыми. Их окраска определяется высотой звучания². При понижении простые звуки воспринимаются как более темные, тяжелые, плотные, густые, а при повышении — как более светлые, легкие, тонкие, острые.

¹ Атаку звука органа Хаммонда можно считать одинаковой во всех регистрах. Она характеризуется довольно быстрым, почти мгновенным вступлением всех набранных частичных тонов с той силой, которая была задана. Наблюдаемая при очень медленном нажатии клавиш поочередность вступления частичных тонов при обычной игре может быть сведена к минимуму.

² Некоторую роль могут играть в субъективные гармоникки, то есть возникающие в органе слуха при восприятии звуков большой интенсивности.

Эти изменения окраски в общем пропорциональны величине интервала, на который изменяется высота звука, хотя следует учитывать здесь влияние ладовых моментов восприятия. Чем дальше друг от друга по высоте два простых звука, тем они больше отличаются по тембру, или, точнее, по той стороне тембра, которая определяется высотой.

Второй фактор — интенсивность простого звука, входящего в состав сложного, определяет, естественно, степень его значимости в общем звучании.

Исходя из этого, можно было предполагать, что роль отдельных гармоник в составе звука выражается в следующем:

1) высота частичного гармонического тона является вместе с тем и элементарной краской, вносимой им в единое общее звучание. Значит, чем больше высоких обертонов, тем светлее, резче в большинстве случаев должен быть тембр, и наоборот;

2) чем больше гармоники удалены друг от друга по высоте, тем больше они различаются по своей элементарной краске и по своей роли в едином звучании. Значит, в тембре звука, имеющего гармонический состав, наиболее разнятся по своей роли, а следовательно, более индивидуальны и более важны для характерности, специфичности тембра первые 3—4 гармоники, самые удаленные друг от друга: прима, октава, дуодецима и квинтдецима:



Более высокие обертоны, близкие между собой по высоте, менее отличны по своим «тембровым» качествам, и перераспределение интенсивности между ними, их отличия друг от друга по громкости гораздо меньше должны влиять на тембр. В «высокой» части спектра, следовательно, должны играть роль не столько отдельные обертоны, сколько форманты, то есть области частот, в которые входит целая группа выделяющихся по интенсивности обертонов;

3) поскольку каждый из интервалов в музыке обладает своим особым характером, колоритом, отличающим его от других интервалов, можно было предположить, что на характер тембра оказывают влияния не только сами по себе гармоники, но и интервальные соотношения между наиболее интенсивными гармониками, и в частности между основным тоном и тем или иным обертоном.

Эти гипотезы легли в основу методики экспериментов и подверглись проверке.

Для экспериментов было выбрано три отличных друг

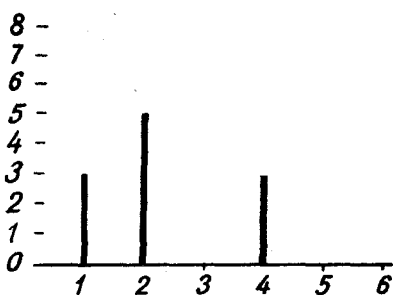


Рис. 30

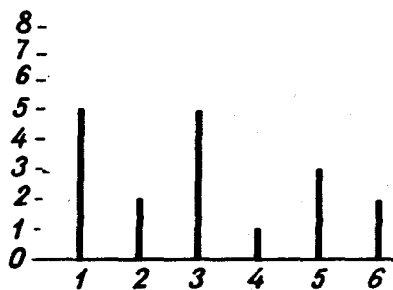


Рис. 31

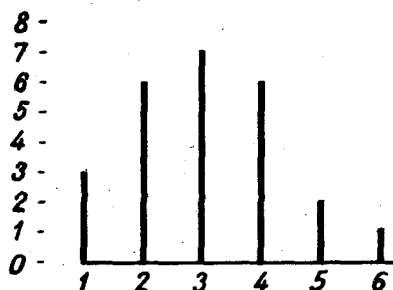


Рис. 32

от друга и сравнительно легко узнаваемых тембра, имитирующих тембры флейты, гобоя и кларнета.

Спектр звука, имитирующего флейту, был составлен из трех гармоник (см. рис. № 30).

На этом графике по горизонтали отложены номера частичных тонов по натуральному звукоряду, по вертикали — относительные уровни интенсивности отдельных частичных тонов по шкале, данной на органе Хаммонда (эта шкала имеет 8 ступеней громкости; между каждыми соседними ступенями — разница 4 децибела¹).

В дальнейшем в статье для удобства будут приводиться лишь сокращенные формулы спектров, в которых по порядку расположения гармоник — от первой к последней — показываются относительные уровни интенсивности отдельных гармоник по шкале органа Хаммонда. Так, сокращенная формула спектра «флейты» в имитации органа выражается следующим рядом: 350300 (ср. с графиком). Эта формула дает возможность узнать, что наиболее сильной гармоникой является вторая — ей соответствует цифра 5, основной тон равен по интен-

¹ Децибел — единица измерения, соответствующая самому минимальному различимому на слух изменению громкости.

сивности четвертой гармонике, которой соответствует цифра 3. Третья, пятая и шестая гармоники отсутствуют.

Спектр звука, имитирующего гобой, был составлен из шести гармоник (см. рис. № 31). Формула этого спектра — 367521. Спектр звука, имитирующего кларнет, был составлен из шести гармоник (см. рис. № 32). Формула этого спектра — 525132.

Назовем условно эти спектры основными.

Посредством несложного приспособления, состоящего из выдвигаемых на различную фиксированную величину рычажков, на органе Хаммонда можно изменять в пределах от 0 до 8 (по вышеупомянутой шкале) интенсивность различных гармоник в различных комбинациях.

В настоящей работе поочередно варьировалась интенсивность какой-нибудь одной из гармоник при сохранении установленной величины интенсивности других гармоник основного спектра.

Так, например, спектр звука, близкого по тембру к гобою, при изменении 1-й гармоники получил следующие варианты: 067521, 167521, 267521, 367521, 467521, 567521, 667521, 767521 и 867521. При изменении второй гармоники этот же спектр варьировался так: 307521, 317521, 327521, 337521, 347521, 357521, 367521, 377521 и 387521¹. И так далее.

Для исследований в настоящей работе было выбрано около 150 вариантов спектров.

На органе Хаммонда простые тоны, составляющие сложный звук, между собой соотносятся не как в натуральном звукоряде, а лишь приближенно к нему, по равномерно-темперированному строю, и в силу этого недостаточно хорошо сливаются в единый звук. Это особенно заметно в тех случаях, когда даются отдельные изолированные звуки большой продолжительности. Тогда дать характеристику тембра этих звуков очень затруднительно.

В мелодии такое единство легко возникает. Поэтому в качестве примеров для прослушивания были выбраны не отдельные звуки, а именно мелодии.

Это — начало побочной партии 1-й части VI симфонии Чайковского, первая тема 2-й части I симфонии Калининкова, начало романса Глинки «Жаворонок», соло кларнета в 3-й песне Леля из оперы Римского-Корсакова «Снегурочка». Эти мелодии исполнялись в произвольной очередности в различных тембрах на средней громкости *mf*, которая в известных пределах оставалась постоянной для всех опытов² (на органе Хаммонда уровень громкости можно

¹ Подчеркнут изменяющийся тон.

² Около 30 дБ над уровнем шума, который в наших опытах колебался в пределах 35—40 дБ.

фиксировать). Все мелодии исполнялись *legato*, в умеренном темпе, в характере, соответствующем замыслу композитора. По условиям экспериментов, испытуемым заранее сообщалось, что мелодии не связываются с предписанным композитором тембром.

Музыканты должны были после прослушивания охарактеризовать субъективное впечатление от данного тембра. Каких-либо условий при этом не ставилось; характеристики могли быть и очень короткими — в виде одного лишь слова, и развернутыми до нескольких предложений, в которых применялись самые различные сравнения.

В опытах принимали участие 4 испытуемых; из них постоянно участвовали двое.

Результаты опытов фиксировались в специальной таблице в виде записей против формулы соответствующего варианта спектра.

Так как каждый вариант (особенно с изменением первых четырех гармоник) повторялся несколько раз, было получено более 370 субъективных оценок.

В процессе обработки экспериментальных данных полученные характеристики сравнивались между собой как по одинаковым, так и по различным гармоникам, как по одному, так и по всем трем типам тембра. Это позволяло отсеять случайные, выявить наиболее общие характерные определения.

Ниже для примера приводится анализ одной только первой гармоники во всех вариантах по интенсивности от 0 до 8 для флейтового тембра. Каждый из вариантов давался для прослушивания в разное время разным испытуемым не менее трех раз (см. таблицу 1).

Как видно из этого примера, увеличение интенсивности основного тона (первой гармоники) от 0 до 8 (в условных единицах) изменяет «флейтовый» тембр от затемненного, приглушенного, «призрачного», неяркого тембра со стекляннным серебристым оттенком, до светлого, полного, широкого и мощного тембра, с грудным оттенком и недостаточно металлического для флейты. По мере увеличения интенсивности основного тона от 0 до 8, этот «мягкий» тембр становится все более и более мягким.

Таким же образом были проанализированы два других тембра, и было установлено, что во всех трех случаях, при следующих различных комбинациях 2-го — 6-го гармонических частичных тонов:

1. 50300 — «флейта»,
2. 67521 — «гобой»,
3. 25132 — «кларнет»,—

увеличение интенсивности основного тона от 0 до 8 (в услов-

«ФЛЕЙТА»

(основная формула спектра — 350300)

Формула спектра	Субъективная характеристика
0 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Флейточка на октаву выше. 2. Мягкая миниатюрная флейта. 3. Мягкая красивая флейта пикколо.
1 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стеклянная флейта. 2. Полный и затемненный флейтовый тембр с носовым оттенком. 3. Очень узкий, тонкий, ярко-серебристый и холодный флейтовый тембр.
2 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Флейта с кларнетным оттенком. 2. Бледный, неяркий, призрачный тембр, напоминающий флейту. 3. Очень мягкий, приглушенный тембр с флейтовым оттенком и некоторыми качествами гобоя.
3 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обычный флейтовый тембр. 2. Флейта с усиленными высокими обертонами. 3. Флейта со стеклянным оттенком. 4. Флейта. 5. Нечистый кларнет.
4 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Флейтовый тембр. 2. Необычайно бедный, приглушенный флейтовый тембр с «блестками». 3. Мягкий теплый, несколько органный тембр.
5 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мягкая флейта. 2. Флейта. 3. Мягкий и несколько сильный флейтовый тембр.
6 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тембр флейты. 2. Мягкий, чересчур полный и неяркий флейтовый тембр. 3. Флейта преобладает, но есть и призвуки язычковых инструментов.
7 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сильный, яркий флейтовый тембр, напоминающий отчасти тембр народных рожечных инструментов. 2. Мягкий, полный, широкий и мощный флейтовый тембр. 3. Мягкий, не совсем полный, округлый тембр флейты.
8 50300	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не очень яркий флейтовый тембр, в нижнем регистре — тусклый, в верхнем — сдавленный и неполный. 2. Мягкий, грудной, «неметаллический» тембр с флейтовым оттенком. 3. Мягкий, полный, светлый, несколько стеклянный тембр флейты большой силы.

ных единицах) способствует усилению такого тембрового качества, которое ассоциируется с мягкостью, полнотой, яркостью и делает звук более светлым.

При незначительной же интенсивности основного тона тембр во многих случаях воспринимается как более жесткий, резкий, острый, а также неполный, приглушенный, неяркий.

Кроме того, интенсивность основного тона влияет на степень сходства тембра с тем или иным инструментальным тембром. Так, для «флейты» в большей мере подходит интенсивность от 2 до 8 условных единиц, для «гобая» — от 2 до 4, для «кларнета» — от 4 до 6. Отчасти поэтому при недостаточной интенсивности основного тона в «кларнетном» тембре он часто воспринимается как кларнетный, но с некоторыми гобойными качествами, и наоборот — при большой интенсивности в «гобойном» тембре последнему часто приписываются кларнетные качества, а при чрезмерной для «кларнета» интенсивности основного тона (6—8) возникают ассоциации с флейтовым тембром. Подобным методом было проанализировано влияние на восприятие и других гармоник.

Параллельно с этим производилась классификация терминов, применяемых для определения того или иного варианта тембра. Эта работа необходима была для того, чтобы более точно проследить изменения тех или иных качеств тембра в зависимости от изменений отдельных составляющих спектра.

Ниже для примера приводятся три таблицы, в которых систематизированы субъективные характеристики тембра, данные при прослушивании вариантов с изменением второй гармоники во всех трех основных спектрах (см. таблицы 2, 3, 4).

На основании полученных таким образом данных можно сделать следующие выводы:

1. а) Увеличение интенсивности основного тона, как отмечалось, во всех трех тембрах (имитирующих флейту, гобой и кларнет) способствует усилению такого тембрового качества, которое ассоциируется с полнотой и мягкостью звучания, а иногда с яркостью и светлотой. При незначительной же интенсивности основного тона тембр, при прочих равных условиях, в большинстве случаев воспринимается как более жесткий, резкий, острый, а также неполный, приглушенный.

б) С усилением второй гармоники (октавы) звук делается несколько гнусавым и силым. При этом «кларнетный» и «флейтовый» тембры приобретают некоторые «гобойные» качества. И наоборот, при ослаблении октавной гармоники в спектре «гобая» тембр приближается к «кларнетному».

в) Увеличение интенсивности третьей гармоники

«ФЛЕЙТА»

(основная формула спектра — 350300)

Формула спектра	Слуховые (сравнение с характерными тембрами)		Зрительные		Тактильные и температурные	Прочие характеристики
	музыкальные	немузыкальные	световые	объемные		
1	2	3	4	5	6	7
300300	флейта		тусклая		очень мягкая	
"	флейта	булькающая, как капли воды	прозрачная		холодная	
"	флейта		матовая			стеклянная
310300	флейта с кларнетным оттенком					
"	флейта похожа на гобой					
"	большая флейта		матовый оттенок	полный звук		стеклянный
320300	флейта с усиленной квинтой					
"	флейта			неполный звук		
"	флейта					бедная
330300	флейта					
"	флейта с примесью кларнета, с пикколо и язычковыми		яркий, светлый звук	полный		
"	флейта				достаточно мягкая	

1	2	3	4	5	6	7
340300	флейта с усилен- ными оберто- нами					
"	флейта гобойная флейта		блестя- щая		острень- кая	
360300	флейта		светлый звук	полный	несколь- ко хо- лодно- ватый	
"	флейта	с метал- личе- ским оттен- ком	прозрач- ная	неполная		
"	близко к флейте и в низком регистре — к гобою		неяркий звук	несколько неполный, сдавленный		
370300	флейта		не очень яркий	полный звук		сереб- ристый
"	флейта	с сипе- нием	светлая	ущемлен- ная неполная		стек- лянная
"	преобла- дает флейта с язычко- выми					
380300	флейта		недоста- точно яркая		не слиш- ком острая	недоста- точно стек- лянная и чистая
"	флейта	звонкая (с коло- кольчи- ком)				стек- лянная
"	флейта с английским рожком		матовая	неполная	мягкая	

«ГОБОИ»

(основная формула спектра — 367521)

Формула спектра	Слуховые (сравнение с характерными тембрами)		Зрительные		Тактильные и температурные	Прочие характеристики
	музыкальные	немузыкальные	световые	объемные		
1	2	3	4	5	6	7
307521	гобой с признаками кларнета	зычный				
"	кларнет с гобойным оттенком					резкий
"	кларнет с гобоем	зычность (гобоя)	светлый	достаточно полный	теплый	резкий
317521	флейта с гобоем	посовой призывок	светлый	очень полный	мягкий холодно-ватый	
"	кларнет с гобоем	посовой оттенок	яркий			
"	близок к кларнету с признаками гобоя и англ. рожка		яркий	неполный		
327521	гобой					
"	флейта с гобойной округлостью			округлый		
"	гобой или английский рожок с кларнетом					

1	2	3	4	5	6	7
337521	гобой, близкий к кларнету		светлый	полный	мягкий	
.	гобой с кларнетом		блестя- щий			резкий
.	гобой			неполный	жесткий	резкий, дере- вянный, некра- сивый
347521	ближе к флейте, но с призву- ками гобоя		очень яркий, светлый	очень полный	очень мягкий	
.	гобой	зычность				резко- ватый
.	гобойный кларнет	пронзи- тельный	светлый	неполный		резкий
357521	вроде гобая	нет гну- савости				
.	гобой, ближе к флейте					
.	флейта с гобоем	недоста- точно гнусавый	слишком яркий			
377521	гобой		светлый	сдавленный		
.	гобой		яркий	несколько сдавленный	острый	
.	характер- ный гобой		очень яркий	полный		
387521	гобой, напоми- нающий флейту, а внизу — англ. рожок			полный, округлый	мягкий	
.	среднее между флейтой и гобоем	гнуса- вый, но не очень крикли- вый	не очень яркий		мягкий	
.	гобой	гнусавый	яркий			резкий

«КЛАРNET»

(основная формула спектра — 525132)

Формула спектра	Слуховые (сравнение с характерными тембрами)		Зрительные		Тактильные и температурные	Прочие характеристики
	музыкальные	немузыкальные	световые	объемные		
1	2	3	4	5	6	7
505132	кларнет		яркий	полный		
"	похоже на флейту или гобой		недостаточно блестящий			металлический
"	кларнет		светлый	немного сдавленный, не очень полный		
515132	хороший кларнет					
"	кларнет	зычный гнусоватый	недостаточно блестящий, затуманенный			
"	кларнет с гобойной зычностью		не очень светлый	полный		резкий
535132	кларнет, близкий к гобою		относительно яркий			
"	что-то вроде кларнета	гнусовость		полный		резковатый
"	кларнет				довольно мягкий	
545132	кларнет, близкий к флейте			нет полноты	острый	
"	кларнет					резковатый
"	кларнет с гобойными качествами	пронзительный	светлый	не очень полный		резковатый

1	2	3	4	5	6	7
555132	кларнет	проби- ваются высокие частоты		ущемлен- ный, сдав- ленный		
•	ближе к кларнету					
•	кларнет	не хвата- ет „боч- кообраз- ности“	светлый	полный	смягчен- ный, недоста- точно острый	
565132	качества кларнета, гобая и флейты	пронзи- тель- ность	блеск		мягкость	
•	кларнет с гобойным оттенком					
•	кларнет, близкий к гобою и флейте					
575132	флейта с кларнетным оттенком			недоста- точно округлая		
•	несколько напоминает гобой		тусклый	сдавленный		резкий
•	близок к кларнету и гобою	пронзи- тельный				резко- ватый, напря- женный
585132	что-то гобойное, отдаленно напоминает кларнет		светлый			резко- ватый
•	среднее между гобом и кларнетом	с носо- вым при- звукм	недоста- точно яркий			недоста- точно благо- родный
•	близкий к гобою			полный	острый	

(дуодецимы) вызывало во многих случаях впечатление некоторого смягчения тембра, в особенности — тембра, имитирующего гобой.

г) Увеличение интенсивности четвертой гармоники (двухоктавной) во всех трех спектрах способствует появлению и усилению такого тембрового качества, которое связывается в восприятии с пронзительностью, крикливостью, остротой и яркостью, металличностью или, иногда, стеклянностью. При незначительной интенсивности четвертой гармоники, при прочих равных условиях, тембр воспринимается как более мягкий, менее острый и менее яркий. Увеличение интенсивности четвертого частичного гармонического тона сближало кларнетный и флейтовый тембры с гобойным, и, наоборот, уменьшение — сближало гобойный тембр с кларнетным и флейтовым.

д) С увеличением интенсивности пятой, шестой или восьмой гармоник усиливаются такие качества, как резкость, пронзительность, острота звучания; эти высокие составляющие при большой интенсивности нередко слышатся как отдельные звуки, не сливающиеся с остальными гармониками в целое. Кроме того, испытуемыми довольно часто отмечался неприятный характер этих звуков. В некоторых случаях увеличение интенсивности этих обертонов нивелировало характерность тембра звуков (слушатели не знали, к какому из трех вариантов тембра отнести данное звучание).

2. Полученные в экспериментах данные подтверждают предположение о том, что в целом первые три-четыре гармоники более характерны по своей роли в гармоническом спектре, нежели гармоники более высокие.

3. При изменении высоты звука в пределах полутора-двух октав и, следовательно, при смещении всего спектра вверх или вниз тембры, соответствующие тому или иному определенному сочетанию интенсивностей гармоник, воспринимались в основном как неизменные. Этим подтверждается в известной мере предположение о том, что для характерности тембра важна специфическая окраска интервалов между теми или иными гармониками, которые подчеркиваются больше остальных благодаря своей интенсивности. Так, например, для кларнетного тембра оказывается характерным интервал дуодецимы, а для гобоя — интервал октавы, то есть интервалы передувания на этих инструментах.

То обстоятельство, что изменение интенсивности каждой из гармоник в отдельности во всех трех рассмотренных вариантах спектра вызывает во многом сходные впечатления, позволяет предположить, что некоторые из полученных выше выводов о роли отдельных гармоник имеют более универсальное значение, то есть могут быть отнесены к различным другим тембрам. Безусловно, полученные в описанных здесь экспери-

ментах сведения не могут быть использованы непосредственно в практике игры на том или ином музыкальном инструменте. Необходимо еще промежуточное звено — исследования, которые устанавливали бы связь разнообразных приемов извлечения звука, известных в музыкальной практике, с объективными характеристиками тембра, и в частности с распределением энергии звука между отдельными гармоническими составляющими — со спектром звука.

Вместе с тем, точные сведения о реальных элементах тембра и об их влиянии на восприятие, несомненно, могут способствовать дальнейшему развитию научной теории музыкальных тембров, более ясному пониманию и сознательному подходу к использованию тембровых средств выразительности, что является одним из необходимых условий успешной творческой деятельности.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарбузов Н. А. Зонная природа тембрового слуха. Музгиз, М., 1956.
2. «Музыкальная акустика» под общ. ред. Н. А. Гарбузова. Музгиз, М., 1954. Гл. IV. Тембр звука.
3. Ржевкин С. Н. Слух и речь в свете современных физических исследований. Изд. 2-е. ОНТИ НКТП СССР. М.—Л., 1936.
4. Теплов Б. М. Психология музыкальных способностей. Сборник «Проблемы индивидуальных различий». Издательство Академии педагогических наук РСФСР, М., 1961.
5. Meyer E. und Buchmann G. "Berl. Berichte Phys. Math. Klasse", 1931.

Е. Назайкинский

О ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЯХ СОВРЕМЕННОГО СИМФОНИЧЕСКОГО ОРКЕСТРА

Современный симфонический оркестр обладает богатейшими музыкально-выразительными средствами. Разнообразие свойств музыкальных инструментов, входящих в состав оркестра, обуславливает необходимость тщательного и глубокого изучения всех выразительных возможностей оркестра. Особенно важно при этом исследовать те стороны оркестрового звучания, которые в меньшей мере фиксируются в нотной записи и в настоящее время сравнительно мало изучены.

В нотном тексте, являющемся главной и иногда единственной основой для исполнителя, по которой он судит о замысле композитора, наиболее точно фиксируются мелодия, гармония, фактура, ритмический рисунок и распределение тембров. Менее точными являются указания о темпе и динамической стороне исполнения. Композитор дает только приблизительную схему темпового и динамического развития, направления подъемов и спадов, а не абсолютное значение громкости и темпа в каждый данный момент.

Именно поэтому область темпа, агогики и динамики является областью наибольшей творческой свободы для исполнителей. Именно в этой области ярче всего проявляется индивидуальное творческое лицо исполнителя. Чем богаче творческая инициатива исполнителя, тем интереснее, глубже и действенней будет исполнение. Однако это вовсе не означает того, что можно игнорировать композиторский замысел, что композитор вообще должен отказаться от обозначений темпа и громкости и предоставить исполнителю полную свободу действий.

Наоборот, композитор должен «управлять» исполнителем и в этих областях. А это может быть достигнуто только на основе наиболее точного, глубокого учета всех возможностей и особенностей исполнения на том или ином инструменте. Можно снабдить нотную запись музыкального произведения чрезвычайно подробными указаниями о динамических нюансах, но добиться их выполнения можно лишь в том случае, если музыка сочинена с учетом возможностей инструмента, если требования композитора не приходят в противоречие с этими возможностями.

«Сочинение должно быть написано удобно исполнимо; чем легче, практичнее партии исполнителей, — писал Н. А. Римский-Корсаков, — тем более достигнимо художественное выражение мысли сочинителя»¹.

В литературе о симфоническом оркестре сравнительно более полно разработаны вопросы, связанные с тембрами оркестра. Динамике же оркестра уделялось недостаточно внимания. Между тем не подлежит сомнению, что при сочинении оркестрового произведения с его сложной музыкальной тканью учет динамических возможностей инструментов и групп симфонического оркестра не менее важен, чем знание тембров инструментов и тембровых сочетаний.

Большое значение имеет ясное представление о динамике оркестра также для дирижеров и оркестрантов. Существование самых различных (по количеству инструментов) оркестровых составов, организация сводных оркестров или специальных составов с большим количеством тех или иных однородных инструментов — все это ставит перед музыкантами разнообразные практические задачи, связанные с динамическими соотношениями инструментов и оркестровых групп.

В связи с вышеизложенным особую важность приобретает необходимость более подробной разработки вопросов динамики оркестра. В настоящей работе предпринимается попытка затронуть некоторые из важнейших проблем, касающихся применения динамики в симфоническом оркестре.

Отправными моментами анализа в настоящей работе послужили некоторые положения, выдвинутые в области инструментовки Глинкой и Римским-Корсаковым, а также данные музыкальной акустики и психологии. На основании

¹ Н. А. Римский-Корсаков. Основы оркестровки. Музгиз, М.—Л., 1946, часть I, стр. 9.

Выражение «легче, практичнее», употребленное здесь Римским-Корсаковым, отнюдь не следует понимать как требование упрощения. Римский-Корсаков имел в виду наибольшую точность выражения музыкальной мысли оркестровыми средствами, точность и ясность, которые достигаются применением лишь необходимых оркестровых средств и отказом от громоздких, излишне сложных решений.

анализа оркестровых произведений и экспериментальных исследований, проведенных в лаборатории музыкальной акустики Московской консерватории, в данной работе рассматриваются некоторые особенности динамики оркестрового исполнения; зависимость динамического эффекта от количества инструментов, их тембра и регистра; динамические соотношения оркестровых групп; значение динамических нюансов и особенности их применения в оркестровых партитурах. В работе также затрагиваются вопросы эстетического характера: о специфике динамики как музыкально-выразительного средства, о предпосылках ее выразительности и формах ее применения.

Автор надеется, что сведения, излагаемые в данной работе, могут быть использованы как вспомогательный материал при прохождении курсов инструментоведения и инструментовки.

I

Динамика является одним из средств художественной выразительности в музыке. Вместе со всеми остальными элементами музыкального языка динамика служит целям создания художественных образов в музыкальном произведении. Исполненное без динамической нюансировки музыкальное произведение во многом утрачивает выразительную силу, как утратила бы осмысленность речь без интонации и акцентировки.

Термин «динамика» применяется по отношению к музыке в различных значениях.

Иногда динамика понимается очень широко, как интенсивность музыкального развития. В этом случае в понятие динамики музыкального произведения включается и мелодическое развитие, и ритмическая сторона, и ладогармоническое развитие.

При более узком значении термин «динамика» связывается только с громкостью. Но если громкость есть понятие, применимое лишь к каждому из моментов музыкального развития — к тому или иному звуку или аккорду в отдельности или к отдельному построению, то динамикой можно назвать процесс изменения громкости в музыкальном произведении, протекающий во времени и связанный с музыкальным развитием. Этот процесс включает в себя как постепенные *crescendo* и *diminuendo*, так и контрастные, внезапные сопоставления различных степеней громкости. Именно с таким значением в основном термин «динамика» и применяется в настоящей работе.

Музыкально-выразительные возможности динамики как

одного из элементов музыкального языка во многом обусловлены некоторым сходством динамики в музыке с динамикой (в широком смысле) процессов действительности. Причины воздействия динамики музыкального произведения на слушателей следует искать в общих закономерностях психологии восприятия временных форм развития.

Динамика процессов, происходящих в действительности — в природе и в жизни человека, по-разному воздействует на психику человека. Восприятие быстрого развертывания событий отличается от восприятия медленного их течения, впечатление от внезапных перемен и скачков в развитии отлично от впечатления, вызываемого спокойным и плавным движением.

Сложившийся веками опыт восприятия различных форм динамики движения и развития в окружающей действительности, а также опыт восприятия «динамики» речи, чувств и действий человека в известной мере переносится и на восприятие музыки. Так, относительно устойчивый уровень громкости, отсутствие резких колебаний способствует созданию спокойного характера музыкального образа. Точно так же воспринимается по своей динамике и эмоциональное содержание спокойной речи или спокойно развивающегося события. Наоборот, резкие колебания в динамике более соответствуют как взволнованной речи или бурно, беспокойно протекающему процессу, так и эмоционально-напряженному, драматическому музыкальному развитию. Восприятие резких динамических сопоставлений в музыке происходит на той же психологической основе, что и восприятие внезапной смены событий, неожиданно вторгающихся в спокойное развитие. Именно поэтому такие динамические сопоставления часто используются в музыке при изложении контрастных музыкальных образов в их развитии и драматических столкновениях. Таковы, например, начало разработки в первой части VI симфонии П. И. Чайковского или эпизод фугато во второй части II симфонии С. В. Рахманинова.

Разумеется, изменения громкости сами по себе еще не являются достаточными для создания того или иного характера музыки. Только в многообразной и тесной связи с мелодией, гармонией, ритмом и другими элементами музыкального языка динамика начинает служить целям воплощения музыкальных образов.

Для восприятия динамики в музыке большую роль играет способность человека слышать довольно тонкие относительные различия в громкости как в последовательностях, так и в аккордах. Гораздо менее определены и точны суждения об абсолютной величине громкости. Следует помнить, что в зависимости от того или иного сочетания всех музыкальных средств и от характера музыкального развития одна и

та же громкость будет восприниматься и качественно и количественно по-разному¹.

Динамика как средство выразительности вводилась в музыкальную практику очень медленно. Зачастую тот или иной динамический прием возникал как следствие применения других музыкально-выразительных средств. Так, например, в хоровой культовой музыке в Италии XVI века динамические сопоставления могли возникнуть от применения переключек различных групп певчих. Знаменитый эффект музыкального «эхо» возник в основном как следствие антифонного расположения хоров.

Темброво-динамические сопоставления были главным и едва ли не единственным динамическим средством, широко применявшимся в добаховскую и баховскую эпоху. Так, в партитурах Баха и Генделя обозначения динамических оттенков довольно немногочисленны. Это *pp*, *p* и *f*. Они подчеркивают в большинстве случаев смену оркестровых групп, сопоставления оркестровых *tutti* и отдельных инструментов, усиливая динамический контраст таких сопоставлений. Иногда динамические контрасты достигаются лишь сменой динамических нюансов. Бах применял обозначения динамических оттенков для того, чтобы подчеркнуть вступления тем в многоголосной полифонической ткани.

Использование только крайних динамических оттенков и отсутствие обозначений промежуточных ступеней громкости говорит о том, что если контрастные динамические сопоставления, получившие распространение еще с XVI века, использовались в XVII — начале XVIII веков уже очень широко, то искусство плавных постепенных динамических переходов было сравнительно слабо развитым. Это и отразилось на системе обозначений динамических нюансов.

Немалое воздействие на характер использования динамики в музыке оказывало широкое распространение органа и клавесина — инструментов, обладавших весьма ограниченными динамическими возможностями. На этих инструментах можно было пользоваться в основном только сопоставлениями разных степеней громкости без плавных переходов от одной громкости к другой.

Однако по мере развития музыкального искусства музы-

¹ «...Сила в музыке, как и везде, — качество часто относительное, — говорил по этому поводу М. И. Глинка. — Никакое страшное *fff* с тремя тромбонами, офиклейдою и прочими громогласными орудиями не сравнится в эффекте с простым *forte* оркестра, если это *forte* выгодно распределено между самыми сильными, естественными звуками каждого инструмента и если оно, в полном согласии с идеей сочинения, ловко, умно подготовлено предыдущим».

М. И. Глинка. Заметки об инструментровке. Литературное наследие. Музгиз, Л., 1952, том I, стр. 349.

кантов все более и более не удовлетворяли динамические ресурсы органа и клавесина. Усиление выразительности, психологической чуткости, а также действенного драматического начала в музыке влекло за собой и необходимость более широкого и многообразного использования динамики как средства выразительности. Эти эстетические требования и послужили толчком для возникновения фортепиано — инструмента, обладающего гибкой динамикой, богатейшими техническими и художественными возможностями.

С начала XVIII века в музыкальную практику постепенно входит использование гибких фразировочных нюансов, усилений и затуханий громкости, промежуточных динамических градаций. Оперные певцы, а также оперные оркестры в начале XVIII века, особенно в Италии, обладали искусством многообразного применения динамики в исполнении. И это не случайно. Именно в опере с ее сочетанием музыки и драматического сценического действия, музыкальных средств выразительности и актерской игры, с ее омузыкаленной речью и изображением человеческих чувств и действий заключены были богатые возможности для широкого использования динамики — от копирования динамики речи до специфически музыкальных приемов. Итальянские оркестры начали применять кроме крайних степеней громкости также и промежуточные градации и постепенные переходы между различными степенями громкости. По высказываниям современников можно судить о том, что в Италии в середине XVIII века не только достигло значительной высоты искусство применения динамических оттенков, но и в основном уже сформировалась система их записи. К середине XVIII века все большее распространение получают плавные переходы от одной степени громкости к другой, что и вызывает потребность в таких динамических обозначениях, как *mezzo piano* и *mezzo forte*. Однако специальные обозначения усилений и ослаблений громкости — *crescendo* и *diminuendo* — появляются несколько позднее.

Более широкому использованию и распространению *crescendo* и *diminuendo* сильно содействовал исполнительский стиль мангеймской школы симфонистов, основоположником которой был чешский скрипач, дирижер и композитор Иоганн Штамиц (1717—1757). Современников в исполнении мангеймского оркестра поражало разнообразие исполнительских штрихов, а также необычная для того времени гибкость динамики и грандиозные динамические нарастания, которые были настолько новы и значительны, что многие (например, историк Берни) считали Мангейм родиной *crescendo* и *diminuendo*, хотя последние были известны гораздо раньше (например, в итальянской оперной музыке начала XVIII века).

Требования уравновешенности звучания различных инструментов и групп в оркестре, правильных динамических соотношений мелодии и аккомпанемента, более дифференцированного подхода к оркестровым инструментам были важным стимулом развития оркестра. В значительной мере под воздействием этих требований устанавливаются определенные соотношения количества инструментов в разных оркестровых партиях и группах и постепенно формируется та ячейка симфонического оркестра, которая явилась впоследствии основой для оркестрового состава как в симфониях венских классиков, так и в произведениях более позднего времени, вплоть до наших дней.

Однако динамические соотношения групп и инструментов в оркестре с тех пор претерпели очень большие изменения. Если во второй половине XVIII века общераспространенным было значительное количественное преобладание первых и вторых скрипок над остальными партиями струнных, то с начала XIX века соотношения в группе струнных стали постепенно приближаться к существующим в наше время. Если еще в конце XVIII века деревянная группа вследствие большого количества инструментов в каждой партии (например, 3 флейты, 6 гобоев, 6 фаготов в Дрездене или 4 флейты, 3 гобоя, 3 кларнета и 4 фагота в Мангейме) была более мощной, чем группа струнных, то у венских классиков уже устанавливается традиция поручать каждую партию в группе деревянных инструментов только одному исполнителю и соотношение между деревянными и струнными по громкости выравнивается.

Значительное место вопросам формирования оркестрового состава и установления пропорциональных соотношений групп и инструментов в оркестре отводит в своей книге «История оркестровки» английский музыковед А. Карс, собравший большой фактический материал по истории оркестра и оркестровки. Однако эта книга содержит ряд методологически спорных моментов. Так, например, в большинстве случаев историю формирования оркестрового состава Карс рассматривает лишь как следствие развития техники изготовления музыкальных инструментов, умаляя или совершенно игнорируя при этом роль музыкально-эстетических требований эпохи, предъявляемых к оркестру.

«Композиторы писали для того состава, каким они могли располагать, а не для того, какого они хотели, решающим фактором, очевидно, были обстоятельства, а не выбор», — утверждает Карс¹. Вряд ли с этим можно согласиться безоговорочно. Конечно, композиторы не придумывали каждый

¹ А. Карс. История оркестровки. Перевод с английского. Музгиз. М., 1932, стр. 76.

раз заново состав оркестра и учитывали при сочинении имеющиеся в их распоряжении исполнительские силы. Тем не менее основой развития оркестра следует признать не эту историческую инерцию обстоятельств, а те все более и более возраставшие художественные требования, которые толкали композиторов и исполнителей на поиски новых форм и музыкально-выразительных средств, созвучных эпохе, на усовершенствование оркестра и расширение его художественных возможностей.

К концу XVIII века, в основном, заканчивается формирование классического состава симфонического оркестра, дифференцируются функции каждой из оркестровых групп, устанавливаются более или менее определенные пропорции в соотношениях этих групп по громкости, расширяется круг оркестровых средств музыкальной выразительности. Получают распространение разнообразнейшие приемы использования динамических возможностей симфонического оркестра.

В музыке венских классиков находит применение широкий круг динамических приемов: от *crescendo*, рисующего восход солнца в VI симфонии Гайдна, или остроумного *diminuendo*, связанного с постепенным уходом музыкантов в его «Прощальной» симфонии, до грандиозных динамических нарастаний драматического характера в симфониях Бетховена от полных гайдновского юмора, неожиданных вступлений оглушительных литавр и труб (симфония «с ударом литавр», «Военная» симфония) до контрастных динамических сопоставлений в развитии драматических музыкальных образов (V симфония Бетховена); от четких противопоставлений *forte* и *piano*, *tutti* и отдельных инструментов или оркестровых групп — противопоставлений, подчеркивающих структурные грани, до тонких, выразительных нюансов, следующих за малейшими изгибами мелодии.

В целом стиль динамики в эпоху венских классиков — гибкий, экспрессивный, драматический и в то же время классически ясный, четкий, уравновешенный, во многом отражает характер мироощущения того времени, полного тревожных революционных предчувствий и, вместе с тем, философского, оптимистического отношения к действительности.

Развитие симфонического оркестра и его динамических возможностей, разумеется, не остановилось на творчестве венских классиков, оно продолжается и поныне. В этом нетрудно убедиться, если сравнить, например, симфонии Бетховена с симфониями Шумана или Брамса, оркестровые произведения Глинки с симфониями Чайковского, Рахманинова и Скрябина. У Бетховена, например, весь диапазон громкости «вписывается» между *pp* и *ff*, в партитурах же Чайковского нередко встречаются и такие обозначения, как *ppppp* и *ffff*. Оркестр бетховенских времен был по абсолют-

ной громкости значительно слабее оркестра времен Чайковского. Но едва ли только расширение динамического диапазона оркестра следует считать причиной расширения шкалы динамических нюансов и установления более тонких соотношений между отдельными ступенями этой шкалы. У Чайковского более тонкая психологическая чуткость музыки, следование ее за малейшими изменениями настроений и, вместе с тем, громадный размах драматического развития требовали и более тонкой градации в динамических обозначениях.

Итак, краткий исторический экскурс показывает, что динамика в музыке на протяжении нескольких веков претерпела большую эволюцию развития от простых исполнительских приемов до разнообразного использования динамики в профессиональной музыке как исполнителями, так и композиторами; от преобладания контрастных сопоставлений *forte* и *piano* до гибкого сочетания разнообразных постепенных и внезапных изменений громкости. Эта эволюция отразила усиление в музыке, с одной стороны, роли красочности, изобразительности и роли выразительности, эмоциональности — с другой.

Понимание этой эволюции очень важно и для анализа динамического стиля оркестровых произведений разных эпох, и для изучения динамических возможностей современного симфонического оркестра.

II

Перейдем к анализу динамических возможностей симфонического оркестра с точки зрения современных научных данных и, в частности, экспериментальных данных, полученных в лаборатории музыкальной акустики при Московской государственной консерватории.

Симфонический оркестр обладает богатейшими динамическими возможностями. Это богатство обуславливается, с одной стороны, большим количеством исполнителей (до 100 и более), что необычайно расширяет динамический диапазон и поднимает границу максимальной громкости, и с другой стороны — многообразием динамических свойств инструментов, входящих в состав оркестра. Кроме того, большую роль играют и такие факторы, как пространственность, объемность и «ансамблевость», качественно отличающие оркестровое звучание от звучания сольных инструментов.

По сравнению с сольными инструментами, оркестр дает возможность использовать для разнообразных изменений громкости не только динамический диапазон каждого из входящих в его состав музыкальных инструментов, но и увели-

чение или уменьшение количества одновременно играющих инструментов, а также разнообразные комбинации обладающих различной «мощностью» инструментов и их чередование.

Увеличение или уменьшение количества инструментов является одним из наиболее распространенных способов, которыми достигается в оркестре усиление или ослабление звучания.

Следует иметь в виду, что зависимость прироста громкости от прироста количества инструментов не является простой арифметической зависимостью, то есть громкость не изменяется в такой же мере, в какой изменяется количество инструментов (и соответственно сила звучания). Чем больше количество инструментов, тем больше нужно прибавить к нему, чтобы получить заметно осязаемый прирост громкости. Наконец, при определенном количестве исполнителей наступает практически предел, за которым увеличение громкости почти совсем не ощущается.

Наблюдательные музыканты замечали это уже очень давно. Так, например, Де Бросс писал в сороковых годах XVIII столетия: «При исполнении впечатление показалось мне не более сильным, чем если бы было только пятьдесят инструментов (а их было около 200); из этого я заключаю, что для силы звукового эффекта нужно какое-то определенное количество скрипок, и потом эффект этот уже не изменяется, если количество их довести хоть до тысячи»¹.

Показательно в этом отношении и одно из наблюдений П. И. Чайковского, сделанное им на симфоническом концерте Русского музыкального общества в марте 1875 года: «Оркестр был в удвоенном составе и, странное дело, звучал несколько не громче, не резче обычного симфонического оркестра; но звучность была роскошнее, круглее, полнее»².

Диктуемые подобными наблюдениями художественно-эстетические требования, которые предъявлялись композиторами и слушателями к симфоническому оркестру, наряду с материальными — экономическими и техническими — условиями, во многом определяли его развитие, количественный и качественный состав.

Указанная особенность в соотношениях фактической силы звучания и воспринимаемой слушателями громкости представляет собой проявление одного из общих психофизиологических законов. Этот закон, показывающий зависимость между физически измеримой величиной энергии внешнего

¹ Де Бросс. *Lettres familiares écrites d'Halie (1739—1740)*. Цит. по сб. Иванова-Борецкого «Материалы и документы по истории музыки». Музгиз, М., 1934, т. II, стр. 154.

² П. И. Чайковский. Музыкально-критические статьи. Музгиз, М., 1953, стр. 259.

раздражения (света, звука, запахов и т. д.) и психологически оцениваемой величиной ощущения, возникающего от воздействия этого раздражителя, был открыт в середине XIX века физиологом Вебером и математически обработан Фехнером.

Согласно этому закону, величина ощущения изменяется пропорционально логарифму раздражения. Другими словами, если сила раздражения растет в геометрической прогрессии, то величина ощущения изменяется в арифметической прогрессии. Закон Вебера—Фехнера в известных пределах довольно верно отражает зависимость между силой звука и его громкостью и лишь в самой крайней области *pianissimo* утрачивает свою силу.

Переходя к характеристике этой зависимости, укажем, что громкость звука в акустике обозначается в большинстве случаев в децибелах. Для того чтобы иметь ясное представление о том, что означает то или иное число децибел, достаточно помнить, что один децибел — это наименьшая практически ощутимая величина изменения громкости, а разница между соседними динамическими оттенками, например между *mf* и *f* или между *f* и *ff*, составляет в оркестре в среднем приблизительно 10 децибел, что слухом отмечается как изменение громкости примерно вдвое¹.

Для иллюстрации закона Вебера—Фехнера приведем следующую таблицу, в которой один ряд обозначает число музыкальных инструментов, а другой величину прироста громкости в децибелах, которую дает каждое очередное прибавление инструментов:

2 инструмента	громче, чем	1 на 3 <i>дб</i>
4 инструмента	громче, чем	2 на 3 <i>дб</i>
8 инструментов	громче, чем	4 на 3 <i>дб</i>
16 инструментов	громче, чем	8 на 3 <i>дб</i>
32 инструмента	громче, чем	16 на 3 <i>дб</i> и т. д.

или:

3 инструмента	громче, чем	1 на 4,8 <i>дб</i>
9 инструментов	громче, чем	3 на 4,8 <i>дб</i>
27 инструментов	громче, чем	9 на 4,8 <i>дб</i> и т. д.

¹ Вообще слух человека не в состоянии оценивать изменение громкости в математически точных соотношениях — вдвое, вполовину и т. п., но приблизительно это для некоторых музыкантов оказывается возможным. У исполнителей иногда представление об изменении громкости вдвое связывается с мускульными ощущениями: вести смычок со вдвое большей или меньшей скоростью или силой или дуть с удвоенной силой и т. п. Но и эти представления весьма приблизительно.

Таким образом, громкость будет возрастать на постоянную величину только в том случае, если сила звучания или число однородных инструментов возрастает в геометрической прогрессии, то есть последовательно удваивается, утраивается или учетверяется и т. д.

Если же инструменты прибавляются поровну (по одному, по два и т. п.), то увеличение громкости с каждым разом становится все менее и менее заметным и наконец совсем перестает ощущаться, как только величина прироста громкости становится меньше одного децибела. Графически это можно изобразить следующим образом:

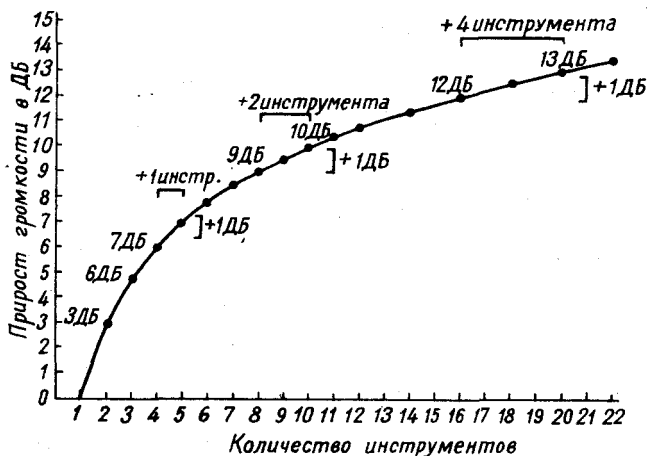


Рис. 33

Из этого графика логарифмической функции ясно, что, например, прибавление инструментов по одному эффективно лишь до 4—5. Если прибавить к четырем инструментам еще один, прирост громкости будет уже еле заметен (1 децибел). К восьми инструментам уже нужно прибавить два инструмента, а к шестнадцати четыре. Меньшее количество не дает заметного прироста громкости.

Некоторые индивидуальные различия между отдельными исполнителями и инструментами, а также характер расположения их на эстраде, условия распространения звука в помещении практически почти не оказывают влияния на эту зависимость. В 1953 году на основании измерений громкости скрипок в Большом зале Московской государственной консерватории лабораторией музыкальной акустики были полу-

чены следующие средние данные, характеризующие прирост громкости от одной до двадцати двух скрипок, — данные, которые почти совпадают с приведенным выше идеальным графиком¹:

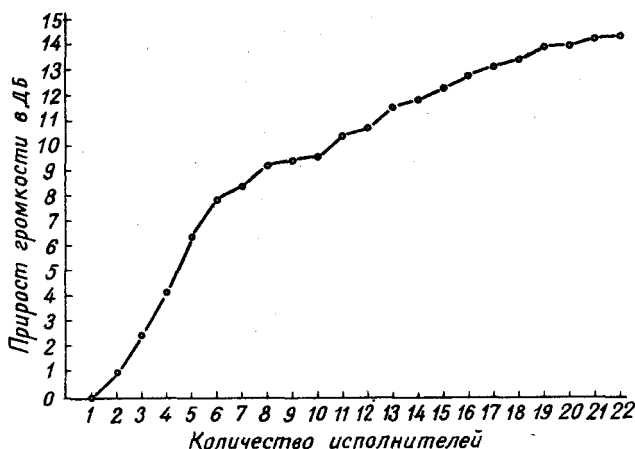


Рис. 34

Таким образом, прибавление скрипок по одной дает заметный прирост громкости только до пяти-шести инструментов, а далее имеет смысл лишь прибавление большего количества скрипок.

Ясно, что эта закономерность и явилась одним из тех факторов, которые в исторической эволюции оркестра ограничивали состав струнной группы. Наличие в оркестре более громких медных духовых инструментов требовало увеличения струнной группы с целью выравнивания динамических соотношений. Закономерности же восприятия громкости ставили этому увеличению определенные границы. На известном этапе требование тембровой полноты и насыщенности звучания в большей мере, чем необходимость выравнивания динамических соотношений струнных и духовых, способствовало увеличению количества инструментов в струнной

¹ Для замеров громкости использовался децибелометр — электроакустический прибор, отмечающий, подобно человеческому уху, не силу, а громкость звука. Замеры производились во время репетиций симфонического оркестра. Предварительно вместе с дирижером нами выбиралось в музыкальном произведении определенное место для замеров. В процессе репетиции дирижер повторял это место несколько раз, прибавляя каждый раз определенное количество инструментов (по одному или по два). Расстояние прибора от оркестра во время измерений оставалось неизменным. В результате получалась картина относительного прироста громкости по мере увеличения силы звука:

группе. Итак, на основании закона Вебера—Фехнера можно сделать несколько практических выводов относительно разнообразных приемов увеличения и уменьшения количества инструментов в оркестровой ткани, о количественном составе струнной группы и о нарастании числа инструментов в *crescendo*:

1) Увеличение инструментов в струнной группе в практически возможных пределах не может уравнивать по громкости струнную группу с группой медных духовых инструментов оркестра. Для достижения этой цели, следовательно, необходимо идти по линии сокращения громкости звучания духовых и требовать от исполнителей, играющих на медных духовых инструментах, высокой культуры звука и умения соразмерять громкость в ансамбле со струнными.

2) Часто встречающийся в практике оркестровки прием удвоения при одинаковой громкости сочетаемых инструментов дает увеличение громкости всего лишь на 3 децибела, то есть на величину намного меньшую разницы между соседними динамическими оттенками.

Поэтому ни в коем случае не следует прямолинейно понимать указание Н. А. Римского-Корсакова о том, что удваивание валторн с целью приравнять их громкость к тромбонам или трубам может быть заменено обозначением в партиях валторн динамических оттенков степенью выше. Удваивание валторн действительно приравнивает громкость валторн к громкости тромбонов, так как один тромбон в *fortissimo* может достичь (в музыкальном исполнении) примерно на 3 децибела большей громкости по сравнению с одной валторной¹. Разница же между соседними динамическими оттенками, как уже говорилось, в большинстве случаев в среднем равна примерно 10 децибелам. Изменение динамических оттенков в партиях валторн лишь подчеркивает то небольшое различие в громкости, которое должны преодолеть валторны, играя в ансамбле с тромбонами и трубами.

3) Если удвоение количества равных по громкости инструментов увеличивает суммарную громкость на 3 децибела, то часто употребляемый в группе струнных прием *divisi* соответственно уменьшает громкость каждой из разделенных групп всего лишь на 3 децибела, а при делении на три группы — на 4,8 децибела. Следовательно, такое разделение очень мало влияет на громкость каждой подгруппы. Гораздо большее значение имеет при этом некоторое ослабление тембровой насыщенности.

По отношению к сочетаниям разнообразных инструментов, в которых играет большую роль не только количество

¹ Эти данные были получены в результате исследований, проведенных лабораторией музыкальной акустики в 1954 году.

инструментов, но и такой фактор, как индивидуальные различия их динамических возможностей, из закона Вебера — Фехнера можно сделать лишь общий вывод:

4) Вступление в оркестровую ткань того или иного инструмента наиболее заметно увеличивает громкость лишь тогда, когда общее количество играющих в этот момент инструментов сравнительно невелико. Если же играет большое количество инструментов, то и прибавляемая группа должна быть более значительной по количеству или вступающие инструменты должны быть более «мощными».

Таким образом, при оркестровке длительных *crescendo* более или менее равномерное возрастание громкости может дать лишь такой порядок вступления инструментов, при котором последовательно присоединяются все более значительные по громкости и по количеству инструментов оркестровые группы.

Таковы некоторые практические выводы, вытекающие из закономерности восприятия громкости.

Наличие большого количества исполнителей в оркестре не только расширяет динамический диапазон оркестра, но и обуславливает некоторые специфические особенности коллективного исполнения, отличающие оркестровое звучание от звучания отдельных инструментов. Наиболее важными моментами, характерными для оркестрового звучания, являются: 1) большая насыщенность, 2) нивелировка индивидуальных различий в качестве звука; характерных для отдельных исполнителей, в частности нивелировка случайных динамических отклонений.

Факторы, связанные с индивидуальными различиями манеры исполнения, качества отдельных инструментов или с психологическим состоянием каждого из исполнителей, в значительной мере перекрываются друг другом и перестают вовсе сказываться или значительно смягчаются. Большое значение в этом имеет чувство ансамбля у всех участников данной группы.

В области динамики это выражается в том, что в группах инструментов область громкостей, соответствующих какому-либо из моментов музыкального развития, сужается и динамический уровень исполнения после немногих репетиций становится более устойчивым, стабильным, чем у инструментов солирующих, но зато менее гибким и подвижным.

Это отличие имеет большое значение в системе средств музыкальной выразительности. Сопоставления *solo* и *tutti*, отдельных инструментов и групп контрастируют благодаря этому не только в тембровом отношении и по степени громкости, но и по характеру исполнения гибкого, живого, подвижного, индивидуального — с одной стороны, и массового, более объективного — с другой. Кроме того, полнота оркест-

рового звучания в известной мере воздействует и на впечатление громкости.

Именно эти отличия, наряду с отличиями в степени ритмической свободы, имел в виду Н. А. Римский-Корсаков, когда писал в «Основах оркестровки»: «В мелодиях и фразах, исключительно требующих гибкости выражения, следует предпочитать инструменты *solo*, то есть простые тембры... так как инструмент *solo* чувствует себя всегда свободнее в этом отношении, нежели удвоенный. В общем, к удвоениям одинакового тембра и к смешению тембров в силу вещей чаще прибегают в *forte*, нежели в *piano*, а также тогда, когда колорит и выражение носят общий, массовый, декоративный характер, чем частный, личный и интимный»¹.

Специфика коллективного исполнения выражается также и в пространственной дифференциации звучания различных групп оркестра. Эта перспективность, рельефность оркестрового звучания оказывает немалое воздействие на художественное впечатление. В силу этого звучание переданного по радио оркестрового произведения намного обедняется.

Довольно широкое расположение оркестра оказывает большое влияние на динамические соотношения в оркестре. Оно требует от оркестрантов (при игре в ансамбле) особого опыта в умении учитывать расстояние при оценке громкости инструментов, далеко расположенных друг от друга.

На этом свойстве оркестрового расположения может основываться следующий дирижерский прием: когда необходимо тончайшее *pianissimo*, достаточно сказать оркестрантам, чтобы они, играя свою партию, старались в то же время слышать и партии удаленных от них исполнителей. При этом каждый начинает играть тише, так как звуки других инструментов доносятся до него несколько ослабленными расстоянием. Но, в свою очередь, другие исполнители стараются играть еще тише, чтобы слышать тех, кто уже снизил громкость звучания. В результате таким приемом можно достичь минимальной громкости.

Таковы некоторые особенности оркестрового ансамблевого звучания, в отличие от звучания отдельных инструментов, усложняющие и обогащающие динамические возможности оркестра.

Чередование различных по громкости инструментов и групп симфонического оркестра, наряду с увеличением и уменьшением количества одновременно играющих инструментов, также является одним из способов динамического развития, возможных только в оркестре.

Переходя к характеристике динамических соотношений

¹ Н. А. Римский-Корсаков. Основы оркестровки. Музгиз, М.—Л., 1946, часть I, стр. 44.

различных инструментов и групп симфонического оркестра, заметим предварительно, что если для сравнения по громкости звуков близких по высоте и одинаковых или сходных по тембру закон Вебера — Фехнера мог служить довольно верной основой, то при сравнении звуков разной высоты и различного тембра он уже может быть лишь очень приблизительным мерилom действительно ощущаемых нами отношений. Это обстоятельство очень важно учитывать, так как различные инструменты симфонического оркестра часто довольно резко отличаются друг от друга как по тембру, так и по звуковысотному диапазону.

Акустические и психофизиологические исследования 30-х и 40-х годов показали, что ухо человека имеет разную чувствительность к звукам различной высоты. Наиболее громкими в восприятии при равной силе оказываются звуки, лежащие в области 500—5000 колебаний в секунду, то есть в области второй — четвертой октав (и в начале пятой октавы). Звуки в области 3000—4000 колебаний в секунду (четвертая октава) воспринимаются при прочих равных условиях как максимально громкие и яркие. Звуки же нижнего регистра, для того чтобы сравняться по громкости со звуками среднего и высокого регистра, должны по силе, особенно в *pianissimo*, намного превосходить последние. При *forte* эта разница почти нивелируется, если не считать звуков четвертой октавы, которые по-прежнему выделяются по громкости.

Эта закономерность во многом объясняет тот факт, что, например, контрабасы, несмотря на относительно большую акустическую мощность, оказываются часто слабо слышимыми и требуют дублирования октавой выше, а флейта пикколо и другие высокие инструменты хорошо слышны даже в самом громком *tutti* оркестра.

Однако один высотный диапазон еще не определяет полностью характера восприятия громкости звучания различных инструментов. Значительное влияние на восприятие громкости оказывает и тембр.

Указания на связь громкости и тембра можно встретить во многих учебниках инструментовки. Так, например, Н. А. Римский-Корсаков считал, что большие отличия в тембре затрудняют сравнение некоторых инструментов по громкости. «Сравнение силы короткозвучных с силой долгозвучных инструментов, — писал Римский-Корсаков в «Основах оркестровки», — представляет еще большее затруднение вследствие того, что способы взятия и издавания звука и характер его в том и другом разряде слишком разнятся между собой»¹.

¹ Н. А. Римский-Корсаков. Основы оркестровки. Музгиз, М.—Л., 1946, часть I, стр. 33.

Некоторые авторы, характеризуя динамические возможности того или иного инструмента, считали даже возможным включать громкость в понятие тембра. Так, Ф. А. Геварт в «Методическом курсе оркестровки» называл динамические соотношения в группе струнных «взаимным положением тембров»¹. Ш. М. Видор в книге «Техника современного оркестра» писал о виолончели следующее: «Третья струна — *sol*, может еще превосходно петь и занимать исключительно блестящее положение в руках солиста, но в оркестре она чаще всего исполняет обязанности баса и так же, как и четвертая струна — *do*, обладает сочным и спокойным тембром, способным вынести на себе достаточно значительную тяжесть оркестровой звучности»². «Вследствие характерного тона альта нет необходимости иметь их в оркестре столько же, сколько и скрипок; даже если они и разделены, то звук их будет достаточно силен»³, — писал Э. Праут.

Такое сближение понятий тембра и громкости, конечно, не является случайным, оно отражает наличие объективной зависимости между этими двумя качествами звука.

Эта зависимость во многом определяется различной чувствительностью человеческого уха к звукам разных частот. Чрезвычайно важной стороной тембра сложных звуков является их спектр — то или иное сочетание различных по высоте обертонов. На восприятие громкости сложного звука в целом оказывает влияние не только высота и громкость основного тона звука, но и высотное положение и громкость обертонов. Громкость обертонов, в зависимости от их высоты, по-разному оценивается слухом. Исследования, проведенные Е. П. Рудаковым и Д. Д. Юрченко в акустической лаборатории Московской консерватории, показывают, что, например, так называемая «носкость» певческого звука во многом зависит не только от его громкости в целом, но и от наиболее выгодного распределения энергии между отдельными гармониками, от интенсивности верхней форманты, лежащей в области наибольшей чувствительности человеческого уха (3000 кол/сек). Это относится и к инструментальным тембрам.

Поэтому вопрос о динамических соотношениях отдельных инструментов симфонического оркестра с различными тембрами чрезвычайно сложен и в настоящее время еще не может получить решения, вполне удовлетворительного по точности и детальности. На основании исследований взаимосвязи тембра и громкости в настоящее время можно сделать

¹ Ф. А. Геварт. Методический курс оркестровки. Изд. Юргенсона, Москва — Лейпциг, 1900, стр. 12.

² Ш. М. Видор. Техника современного оркестра. Перевод с французского и редакция Дм. Рогаль-Левницкого. Музгиз, М., 1938, стр. 425.

³ Э. Праут. Элементарное руководство к изучению инструментовки. Изд. Юргенсона, 1900, стр. 18.

лишь общий вывод, имеющий для композитора и оркестратора практическое значение.

Динамический эффект вступления того или иного инструмента зависит не только от силы его звука, но и от высотного диапазона, а также от интенсивности высокочастотной области спектра. Так как обертоны, лежащие в области высоких частот, придают тембрам особую яркость звучания, то показателем интенсивности высокочастотной области тембрового спектра можно считать в большинстве случаев легко определяемую на слух степень яркости тембра. Поэтому при инструментовке композитор, сравнивая динамические соотношения различных инструментов, должен учитывать не только громкость, но и высоту звучания и яркость тембра.

То или иное распределение звуковой энергии по различным высотам в значительной мере определяет также и громкость разнообразных сочетаний инструментов и оркестровых *tutti*. *Tutti* оркестра, так же как и любое сочетание большего или меньшего количества инструментов, характеризуется наличием своеобразного суммарного тембра и спектра, образуемого обертонами входящих в аккорд многочисленных звуков. Значение этого суммарного тембра в *tutti*, при котором звуки отдельных инструментов совпадают с обертонами других, подчеркивал еще Н. А. Римский-Корсаков. «...На практике, — писал он, — некоторая неровность распределения силы возмещается следующим акустическим явлением: голоса аккорда, звучащие в октавах, дополняют друг друга вследствие совпадения гармонических призвуков нижнего тона с верхним тоном, и верхние голоса таким образом находят себе поддержку в гармонических призвуках нижних голосов»¹.

Римский-Корсаков указывает здесь лишь на одну сторону зависимости между обертонами и основными высотами звуков. Но существует и другая, обратная связь: звуки высоких инструментов, естественно, усиливают область высоких обертонов более низких инструментов и при определенных динамических соотношениях могут настолько сливаться с этими обертонами, что почти перестают быть слышны как самостоятельные звуки. Они как бы становятся составной частью суммарного тембра и придают ему новое качество. Кроме того, их собственный тембровый спектр, часто очень высокий, включается в этот суммарный тембр, надстраиваясь над ним.

Отсюда становится понятной роль высоких по диапазону и ярких по тембру деревянных и некоторых ударных инструментов в мощных *tutti* оркестра. Прибавление к *tutti* инстру-

¹ Н. А. Римский-Корсаков. Основы оркестровки. Музгиз, М.—Л., 1946, часть I, стр. 78.

ментов, обладающих сильной высокочастотной областью спектра и высоких по диапазону, делает звучание более ярким, и *tutti* воспринимается как более громкое.

Весьма показательны в этом отношении характеристики высоких ударных и деревянных инструментов, встречающиеся в различных учебниках инструментовки.

Н. А. Римский-Корсаков отмечает, что звуки колокольчика и ксилофона «легко пронизывают даже соединенные силы долгозвучных групп»¹.

М. Нюрнберг дает следующую характеристику малой флейте: «В высшем регистре пронизывающая своим резким свистом даже самую мощную звучность всего оркестра, малая флейта иногда привлекается как своего рода декоративный инструмент»².

Интересное замечание о ксилофоне мы встречаем в книге М. Чулаки «Инструменты симфонического оркестра». «Ксилофон довольно резкий по звучности инструмент, прорезающий *tutti* всего оркестра, однако звуковая сторона интонации его пропадает при мало-мальски полной оркестровой фактуре в *mf*, и тогда остается одно только щелканье»³. Очевидно, здесь имеется в виду как раз такой случай, когда определяющий высоту основной тон звука ксилофона, относительно слабый по громкости, сливается с обертонами других звуков, маскируется звуками других инструментов, а определяющие собой щелкающий, пронзительный характер тембра высокие обертоны, довольно сильные, остаются ясно слышимыми в общем звучании.

Но, пожалуй, наиболее показательны высказывания о значении треугольника в *tutti* оркестра. В них подчеркивается темброво-динамическая роль этого инструмента, «окрашивающего» и усиливающего *tutti*.

«Яркость звука этого инструмента,— читаем мы в книге М. Чулаки «Инструменты симфонического оркестра», — столь велика, что окрашивает любое, самое мощное оркестровое *tutti*»⁴.

А вот что пишет об употреблении треугольника Ш. М. Видор: «...Достаточно в самый разгар какого-либо *crescendo* ввести треугольник, как тотчас же предел этой звучности, казавшийся уже совершенно достигнутым, неожиданно возрастет еще на одну или две ступени»⁵. «Это, — добавляет в примечании Дм. Рогаль-Левицкий, — ...очень верно и жи-

¹ Н. А. Римский-Корсаков. Основы оркестровки, стр. 33.

² М. Нюрнберг. Симфонический оркестр и его инструменты. Музгиз, М.—Л., 1950, стр. 60.

³ М. Чулаки. Инструменты симфонического оркестра. Ленинград ССК СССР. Ленингр. отд. Музфонда, СССР., 1950, стр. 198.

⁴ Там же, стр. 200.

⁵ Ш. М. Видор. Техника современного оркестра, стр. 226.

вописно определяет действительное значение треугольника в современном оркестре... Скрябин на последних страницах своего «Прометея» заставляет звучать в колоссальном *fortissimo* весь грандиозный состав своего оркестра. Звонкая трель треугольника едва проступает только в самых заключительных тактах его поэмы и ... не может быть услышана; здесь она призвана только прояснить чрезмерно насыщенную звучность оркестра и сделать его величаво-торжественной и блестящей»¹.

Эта тонко и верно подмеченная способность звука треугольника «окрашивать» оркестровое звучание и придавать ему большую громкость зависит от тембра этого инструмента, в котором чрезвычайно сильными являются обертоны, лежащие в области наибольшей чувствительности уха от 3000 до 4000 колебаний в секунду, а также и более высокие обертоны.

У Скрябина случаев такого использования треугольника много. Приведем один из них. Так, например, треугольник участвует в одной из кульминаций в «Поэме экстаза» в мощном *tutti* четверного состава оркестра (см. нотный пример № 6).

Интересно, что в партии треугольника стоит динамический оттенок *pianissimo* (!), тогда как у деревянных и струнных — *fortissimo*, а у некоторых медных даже — *fff*. Трудно предположить, что звон треугольника будет выделяться. Относительная мощность этого инструмента здесь ничтожна. И все же роль его с точки зрения восприятия громкости и яркости суммарного звучания очень велика.

Эта особенность треугольника требует от оркеструющего большой осторожности при его использовании. Благодаря большой «проникающей» способности, звучание треугольника легко может стать мешающим, резко выделяющимся, дать отрицательный эффект, не предусмотренный музыкальным замыслом.

Таковы некоторые особенности восприятия громкости в зависимости от тембра, которые, как уже говорилось, необходимо учитывать при оркестровке.

Если динамические соотношения отдельных отличающихся по тембру инструментов могут быть определены более или менее точно пока только на основании большой слуховой практики, то по отношению к динамическим соотношениям групп инструментов, где благодаря большому количеству подчас разнородных по тембру и по высоте инструментов различие в тембрах несколько нивелируется, ценным подспорьем в работе композитора над партитурой, дирижера над репетируемым произведением могут явиться в извест-

¹ Там же.

Fl. picc.

3 Fl. I
II
III

3 Oboi I
II
III

C. ingl.

3 Clar. I
in B
II
III

Cl. basso
in B

3 Fag. I
II
III

C-fag.

Corni
in F
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII

Trombe
in B
I
II
III
IV
V

Tromboni
o
Tuba

Timpani

Gr.o.

Plattl.

Triangolo

Arpa I

Arpa II

Viol. I

Viol. II

Viola
div.

V.celli
div.

C-bassi

ной мере также и результаты точных акустических исследований.

Исследования динамических соотношений оркестра в целом и его отдельных групп проводились в 1954 году в лаборатории музыкальной акустики Московской государственной консерватории¹. Результаты этих исследований прежде всего подтверждают основные положения, высказанные еще М. И. Глинкой и развитые Н. А. Римский-Корсаковым.

Как известно, Римский-Корсаков в своем учебнике оркестровки посвящает специальный раздел динамическим соотношениям групп и инструментов под названием «Сравнение силы оркестровых групп и соединение тембров».

Свои выводы, основанные на долголетней практике работы с симфоническим оркестром, Н. А. Римский-Корсаков делит на две группы: 1) соотношения в *forte* и 2) соотношения в *piano*; причем выводы эти различны по отношению к одним и тем же инструментам.

Такая дифференциация не случайна. В диапазоне от *p* до *mf* и даже в некоторых случаях до *f* исполнители могут более или менее свободно изменять громкость звука, приспосабливаясь к условиям, к тому, что и как звучит у других инструментов. Чувство ансамбля, присущее каждому хорошему оркестранту, выражается не только в полной ритмической соразмерности исполнения, но и в динамических соотношениях инструментов в аккордах и в мелодических передачах от инструмента к инструменту. В хорошем оркестре подчас трудно бывает заметить, где мелодическая линия передалась от одного инструмента к другому — настолько искусно один исполнитель передает, а второй подхватывает эту мелодию.

В среднем диапазоне громкости композитор целиком может полагаться на чувство ансамбля оркестрантов и на искусство дирижера в выравнивании громкости.

Другое дело — крайние области динамического диапазона — эстетически предельные *fortissimo* и *pianissimo*. Здесь исполнители ограничены техническими возможностями своих инструментов, и именно поэтому в этих областях важнее всего знать и учитывать их.

В замерах громкости оркестровых групп, проведенных акустической лабораторией, большее внимание было обращено на *fortissimo*. Данные относительно предельного *pianissimo* различных инструментов не могут быть равноценными для различных случаев, так как уровень *pianissimo* во многом зависит от уровня шума в зале, последний же не является постоянным. Как показывают исследования,

¹ Описание методики экспериментов и некоторые протоколы их даны в приложении.

уровень шума может подниматься до 40, даже 50 децибел. Предельное же *pianissimo* у многих инструментов опускается значительно ниже этого уровня.

Лишь в некоторые моменты, когда уровень шума заметно снижался, удавалось получить некоторые данные о пределе *pianissimo* у разных инструментов. В качестве примера приведём последние такты перед разработкой в первой части VI симфонии Чайковского. В этих тактах кларнет и фагот должны играть *ppppp*, постепенно сводя звучность к исчезновению. Даже в хорошем оркестре выполнение этого *diminuendo* не всегда бывает идеальным в силу небольшого просчёта в динамических возможностях кларнета и фагота, которым поручено это *diminuendo*. Кларнет способен довести свое звучание до гораздо более тонкого *pianissimo*, чем фагот, и поэтому передача мелодии от кларнета к фаготу создает трудности для выполнения *diminuendo*. При вступлении фагота громкость не только не снижается, но даже повышается (см. схему 1 в приложении). Поэтому вполне правомерна замена фагота в этом месте бас-кларнетом, что часто встречается в практике исполнения VI симфонии.

Наиболее подробно были исследованы соотношения между *tutti* оркестра и его отдельными составляющими: *tutti* и деревянными, *tutti* и медными, *tutti* и струнными, а также соотношения между группами оркестра: деревянной и медной, деревянной и струнной, медной и струнной. Состав оркестра был различным. С одной стороны были проведены исследования динамических соотношений в оркестре Моцарта, где медная группа была представлена только двумя валторнами и двумя трубами. С другой стороны, измерялись динамические соотношения в оркестре парного состава с тромбонами и тубой.

В результате обобщения данных этих исследований были сделаны следующие выводы:

1. При сопоставлениях полного *tutti* парного состава оркестра с отдельными инструментами или группами разница в громкости наиболее значительна. В *fortissimo* эта разница, как правило, равна разнице между соседними динамическими оттенками или чуть превышает ее.

а) Сопоставление *tutti* и деревянных или струнных дает эффект сопоставления двух соседних динамических оттенков, например *f* и *ff*. Разница в громкости при этом равна примерно 10—13 децибелам (типичный пример такого соотношения дан в приложении под номером 2).

б) Соотношения отдельных партий струнных и всего оркестра характеризуются разницей в 13—15 децибел (см. схему 3).

в) Разница в громкости между медными и *tutti* всего оркестра незначительна. Она равна примерно 1—3 децибе-

лам. Тромбоны (без тубы) отличаются от *tutti* на 2—4 децибела (см. схему 4); два тромбона — до 6 децибел (схема 5); две трубы примерно на 5—6 децибел. Валторны, по сравнению с оркестровым *tutti*, — на 6—9 децибел тише (см. схему 6).

Таким образом, лишь в некоторых случаях разница между *tutti* и отдельными медными духовыми инструментами достигает такой величины, которая может дать ощущение сопоставления двух соседних динамических оттенков (например, валторны и весь оркестр). В большинстве же случаев эти динамические соотношения вполне укладываются в зону одного динамического оттенка.

2. Состав оркестра в *tutti* имеет большое значение. Если в *tutti* отсутствуют тромбоны, то разница между *tutti* и деревянными или струнными уменьшается до 2—6 децибел.

3. Струнные и деревянные в современных симфонических оркестрах являются вполне уравновешенными по громкости группами. Той или другой инструментовкой, учитывая специфические возможности инструментов (*non divisi*, высокие регистры и т. п.), можно добиться превышения громкости одной группы над громкостью другой. Весьма показательно, что в *forte* струнные звучат на 2—3 децибела громче деревянных, и, наоборот, в *piano* примерно настолько же тише деревянных. Таким образом, громкостной диапазон струнных несколько больше, чем группы деревянных (речь идет о группе в целом).

4. Прибавление нескольких медных инструментов (как дублирующих или в аккордах) не намного увеличивает звучность какой-либо из групп по сравнению с другой. В *f* и *ff* для уравновешения деревянных и струнных возможно прибавление валторн к группе деревянных (см. схему 7). В *p* и *mf* такое прибавление нарушает равновесие громкости, особенно значительно в *piano*.

5. Струнные *pizzicato* в *forte* находятся в равновесии с деревянной группой или даже звучат несколько громче (на 1—2 дб), если деревянные играют в среднем регистре (см. схему 8). В низком регистре деревянные уступают струнным, а в высоком превосходят их по громкости.

6. Прибавление медных к струнным дает заметную разницу в соотношениях, но она не достигает разницы между двумя соседними оттенками (3—5 дб).

Таковы некоторые выводы относительно динамических соотношений различных групп симфонического оркестра и оркестра в целом в области максимальной громкости.

Конечно, эти выводы нельзя рассматривать как точные рецепты, пользуясь которыми композитор может, совершенно не зная оркестра практически, безукоризненно оркестровать. Это — данные, которые могут лишь облегчить композитору

и инструментатору понимание сложных динамических соотношений в симфоническом оркестре.

Наконец, следует остановиться на некоторых особенностях применения динамических оттенков в оркестровых партитурах.

Динамические оттенки, как известно, не имеют абсолютно точных, выражаемых, например, в том или ином количестве децибел, значений. Это связано с особенностями восприятия громкости. Закон относительности наших представлений о качествах музыкальных звуков — «зонная природа» их, по терминологии Н. А. Гарбузова, — сказывается в восприятии громкости особенно заметно.

Если восприятие высоты звука может быть зафиксировано в качественно определенных ступенях лада и звукоряда, то восприятие громкости не может быть отражено с такой же точностью и качественной определенностью в различных ступенях динамического диапазона. Наиболее верно и ясно лишь суждение о громкости звука в границах трех качеств: «тихо», «умеренно» и «громко». Четких границ между этими «ступенями», таких, как между ступенями лада, нет. Поэтому при восприятии и при исполнении музыки не играет особой роли соблюдение весьма точного абсолютного значения того или иного динамического оттенка, которое можно, например, выразить в децибелах. Гораздо важнее для восприятия музыкальной динамики способность человеческого уха довольно точно сравнивать между собой разные по громкости звуки. Важны не абсолютные значения громкости, а относительные различия, соотношения. Именно эту цель — цель более или менее определенной фиксации относительных различий в громкости — преследует система обозначений динамических нюансов. Поэтому соотношения между различными динамическими оттенками гораздо более определены, чем их абсолютные значения.

Однако все сказанное выше вовсе не означает, что нет никаких критериев, определяющих те абсолютные значения громкости, вокруг которых в пределах довольно широких зон могут колебаться абсолютные величины громкости, соответствующие тем или иным динамическим оттенкам. Существует два таких критерия.

Первый из них субъективный — это границы диапазона, в пределах которого человек может воспринимать громкость. Диапазон этот ограничен, с одной стороны, порогом слышимости, то есть той минимальной величиной громкости, которую в состоянии различить человек. С другой стороны, он ограничен болевым порогом, где ощущение звука начинает переходить в боль. Этот порог достигает примерно 120 децибел.

В музыке этот диапазон несколько сужается, так как

крайние области громкостей, воспринимаемых человеком, не являются эстетически пригодными для музыкального исполнения. В особенности это относится к области наибольшей громкости. Диапазон музыкально приемлемых громкостей от предельного *pianissimo* до предельного *fortissimo* равен примерно 80—90 децибелам.

Второй, объективный критерий — это динамический диапазон, физически доступный в исполнении на том или ином инструменте¹. Динамический диапазон инструмента определяет не только крайние динамические оттенки, но и соотношения между всеми ступенями динамической шкалы. Так, например, для виолончели, обладающей диапазоном примерно в 40 децибел, разница между соседними динамическими оттенками будет почти вдвое меньше, чем у симфонического оркестра в целом.

Для определения значений динамических оттенков важны оба критерия. Но второй чаще бывает более важным, так как обычно диапазон громкостей, доступных тому или иному инструменту, гораздо меньше диапазона, доступного человеческому слуху.

На практике с этим последним совпадает только динамический диапазон симфонического оркестра, равный 70—85 децибелам.

Важным фактором, влияющим главным образом на динамические оттенки в средней области динамической шкалы, является характер музыки. Ясно, что в зависимости от музыкального контекста тот или иной динамический оттенок будет различным по своей абсолютной величине. При этом, как показал Н. А. Гарбузов, музыканты, опирающиеся при исполнении на возможности инструмента, относительно более тонко дифференцируют динамические градации, чем слушатели, лишенные опоры на физическую сторону процесса исполнения².

Таким образом, одни факторы способствуют некоторому сужению зоны каждого динамического оттенка, другие, наоборот, расширяют их. Поэтому лишь в известной мере можно говорить о более или менее определенных различиях между разными оттенками. Так, по отношению к симфоническому оркестру в целом можно считать, что соседние динамические оттенки отличаются друг от друга на 10—12 децибел. Это во многом соответствует и восприятию человека.

Так как динамический диапазон оркестра в целом при-

¹ Данные о диапазонах громкости инструментов симфонического оркестра приводятся в работе С. С. Скребкова «Диаграммы громкостей инструментов симфонического оркестра». Журнал «Проблемы физиологической акустики», изд. АН СССР, 1950, Л., том II, стр. 170—175.

² Н. А. Гарбузов. Зонная природа динамического слуха. Музгиз, М., 1954, стр. 104.

ближается к диапазону доступных для восприятия громкостей, то обозначения динамических нюансов для оркестра можно трактовать с точки зрения субъективного критерия, то есть считать, что *fortissimo*, например, есть громкость, которая воспринимается как крайняя возможная эстетически степень интенсивности звучания и т. п.

Но дело осложняется тем, что симфонический оркестр представляет собой сочетание многих инструментов, каждый из которых обладает своими динамическими возможностями. В силу этого для оркестра возможна и другая трактовка динамических оттенков, базирующаяся на объективных возможностях отдельных инструментов, входящих в состав оркестра.

Оба способа имеют и достоинства и недостатки.

Положительная сторона первого заключается прежде всего в том, что за основу принимается восприятие человека, воздействие на которое является конечной целью всякого музыкального исполнения. Динамические оттенки при этом таковы, какими их слышит человек. Важно, что здесь принимается во внимание не только громкость как таковая, но и множество других факторов, действующих на восприятие громкости, в частности фактор напряженности звучания. Известно, что напряженность звукоизвлечения является нередко важнейшим фактором, по которому объективно слабое звучание, например в высоких регистрах у фаготов и гобоев, оценивается как чрезвычайно интенсивное.

Преимущество основанной на восприятии трактовки динамических обозначений заключается и в том, что, пользуясь системой динамических нюансов, можно сравнивать громкость различных инструментов и выражать результаты этого сравнения в ступенях шкалы динамических нюансов. Для дирижера такая система удобна тем, что она позволяет регулировать громкость звучания оркестра по восприятию звукового результата. При переложениях с оркестра на фортепиано или наоборот динамические оттенки могут быть полностью или, по крайней мере, без принципиальных изменений переписаны из партитуры в клавир или из клавира в партитуру.

Но такая система имеет и свои недостатки. Главным из них является то, что у многих инструментов обедняется в записи их динамическая палитра. Достаточно сравнить динамические возможности, например, челесты и трубы, флейты в низком и среднем регистре и тромбона, чтобы убедиться в этом. При этом способе обозначения для каждого из упомянутых инструментов существуют свои ограниченные области оттенков: у одних только *ppp—mp*, у других только *mf—fff*.

Другая, «объективная», трактовка основана на том, что

обозначения динамических оттенков в каждом отдельном случае соотносятся с динамическими возможностями инструмента, и у каждого инструмента есть свое «*pianissimo*» и свое «*fortissimo*». При таком способе партия каждого инструмента становится значительно богаче градациями динамических оттенков и эти градации становятся тоньше. Но при одних и тех же обозначениях разные инструменты будут давать различную громкость.

Положительная сторона такой системы заключается в том, что становится возможным более тонкий и точный учет динамических свойств различных инструментов, и в том, что исполнителям нужно соотносываться лишь с возможностями своих инструментов, обходясь без «транспонирования» для них динамических оттенков. Но композитору, инструментатору и дирижеру необходимы в этом случае более детальные знания особенностей каждого инструмента, их динамического диапазона.

В музыкальной практике по отношению к симфоническому оркестру эти различные способы трактовки динамических нюансов сосуществуют и тесно переплетаются. Можно лишь говорить о преобладании одного над другим в произведениях того или иного характера, того или иного композитора.

Так, Бах, например, в основном придерживался первого способа, а Римский-Корсаков — второго. Высказывание Чулаки о том, что «динамические градации на челесте отсутствуют», что «на ней все звучит *p* или *pp*»¹, подтверждают применение первого способа трактовки, а указания Римского-Корсакова об уравнивании разных инструментов различными динамическими оттенками основаны на допущении, что одной и той же громкости звучания соответствуют различные динамические оттенки у разных инструментов.

Чаще всего на практике встречается такое сочетание принципов динамической нюансировки, при котором для большинства инструментов симфонического оркестра предельные *fortissimo* и *pianissimo* ставятся в соответствии с возможностями этих инструментов, тогда как оттенки, лежащие в области средней громкости, во многих случаях одинаковы для всех инструментов.

Такое сочетание оправдывает себя на практике тем, что в среднем диапазоне громкостей легче всего выравнивать звучания различных инструментов.

Большое значение имеет и характер партии инструмента в каждый данный момент. Если инструмент солирует, то динамические оттенки в его партии в большинстве случаев соотносятся с динамическими возможностями инструмента и имеют относительное значение. От этого партия *solo* выиг-

¹ М. Чулаки. Инструменты симфонического оркестра, стр. 199.

рывает. Если же инструмент участвует в аккомпанирующей группе, то он уравнивается по динамическим обозначениям с инструментами этой группы (если только не отличается от них по громкости слишком резко).

Таким образом, композитор, для того чтобы получить необходимую динамическую картину музыкального развития при оркестровке музыки, написанной в клавире, должен учитывать динамические возможности инструментов, соотношения разных инструментов в одинаковых динамических нюансах, особенно в крайних.

При переложении оркестрового произведения для одного инструмента также немыслимо механическое перенесение динамических оттенков из партитуры в переложение. И в этой задаче внутреннему слуху и практическому опыту может во многом помочь знание динамических соотношений групп и инструментов в различных динамических нюансах. Ясно, что простое перенесение динамических оттенков в клавир может исказить динамический профиль музыкального развития.

Желательно в переложении в некоторых случаях один из динамических нюансов (может быть вместе с названием инструмента) ставить в скобки рядом с другим нюансом, обозначающим реальную громкость звучания для того инструмента, на который рассчитано переложение.

Таковы некоторые особенности использования динамических нюансов в оркестре.

Итак, анализ экспериментальных материалов показывает, насколько богаты многообразные динамические ресурсы современного симфонического оркестра и как важен при сочинении симфонических произведений и в дирижерской работе учет специфических особенностей оркестрового звучания, выражающихся, в частности, в громадном динамическом диапазоне, в разнообразных динамических соотношениях инструментов и групп, в тесной связи динамики с оркестровыми тембрами и в специфике ансамблевого исполнения.

Рассмотренными в статье вопросами о зависимости громкости от количества инструментов, их тембра и звуковысотного диапазона, о динамических соотношениях групп оркестра и об особенностях использования динамических оттенков в партитурах, конечно, не исчерпывается проблема динамики симфонического оркестра. Весьма важным является также изучение динамических особенностей каждого отдельного инструмента, изучение особенностей использования динамики в связи с конкретным музыкальным содержанием и в конкретных музыкальных произведениях у различных композиторов и в разных музыкальных стилях. Однако эти вопросы по своей важности и сложности требуют особого рассмотрения и выходят за рамки задач, поставленных в настоящей статье.

СОДЕРЖАНИЕ

Е. Назайкинский и Ю. Рагс. О применении акустических методов исследования в музыкознании	3
Е. Рудаков. Новая теория образования верхней певческой форманты.	18
Ю. Рагс. Вибрато и восприятие высоты.	38
О. Сахалтуева. Интонационный анализ исполнения первой части концерта для скрипки с оркестром Мендельсона.	61
Е. Назайкинский и Ю. Рагс. Восприятие музыкальных тембров и значение отдельных гармоник звука	79
Е. Назайкинский. О динамических возможностях современного симфонического оркестра	101

Приложение.

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ИССЛЕДОВАНИЯ В МУЗЫКОЗНАНИИ

132 с.

М., Музыка, 1964
782

Редактор А. Трейстер.
Корректор Т. Ключарева.

Техн. редактор В. Карасев
Художник П. Серов

Подписано к печати 17/II 1964 г. А 01496. Формат издания 60×90¹/₁₆.
Бум. л. 5,125. Печ. л. 9,25. Уч.-изд. л. 9,0. Тираж 2 000 экз. М.,
1964 г. № 838. Цена 45 коп. Заказ 5201.

Московская типография № 17 Главполиграфпрома Государственного
комитета Совета Министров СССР по печати, ул. Щипок, 18.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Данные о методике проведения измерений громкости

Все измерения проводились в 1954 году в Большом зале Московской государственной консерватории из 1-го ряда первого амфитеатра. Музыкальным материалом для исследований послужили различные отрывки из произведений Моцарта, Бетховена, Чайковского, Грига и Брамса. Оркестровый состав, оставаясь в основном очень близким к указанному в партитурах, на репетициях постоянно изменялся количественно, что дало возможность установить, значительно ли влияние небольших количественных изменений на динамические соотношения. Особенность методики исследования заключалась в том, что экспериментатор не вмешивался в ход репетиций, а регистрировал необходимые данные со стороны. Для этого в репетируемом произведении заранее специально выбирались такие отрывки, в которых сопоставления различных групп и отдельных инструментов, их одновременные и разновременные сочетания были бы уже даны в партитуре самим композитором. Использовались для замеров также случаи, когда дирижер в процессе репетиции специально выделял из общего состава те или иные инструменты и группы. Для замеров применялся децибелометр. Показания записывались в децибелах и оформлялись в виде протокола, в котором указывались все условия замеров: анализируемый музыкальный отрывок, количество исполнителей в каждой партии на каждой из репетиций, тип динамических соотношений и т. д. В протоколах не оговаривались лишь общие для всех замеров условия: использование децибелометра, более или менее постоянный уровень шума в зале, колеблющийся в пределах 35—40 децибелов, и др.

В результате замеров было получено 98 таких протоколов, примеры которых приводятся далее.

Схема 1

Шестая симфония П. И. Чайковского, отрывок из первой части. Соотношение громкости кларнета и фагота (или бас-кларнета) при предельном *piu-nissimo* (*ppppp*).

Громкость замерялась на 1-й и 3-й четвертях в последнем такте.

На репетиции 7/IV фагот в этом музыкальном отрывке был заменен бас-кларнетом.

Анализируемый музыкальный отрывок

Adagio mosso (♩ = 60) *dolce* ritardando molto

Cl. I *ppp* *p* *ppp* *p* *ppp* *pppp* *ppppp*

Fag. *ppppp*

Timp. *pppp* *pp* *pppp* *ppp* *pp* *pppp* *pppp* *ppppp*

V-ni *ppp* *p* *ppp* *ppp* *p* *ppp*

V-le *ppp* *p* *ppp* *ppp* *p* *ppp* *pppp* *ppppp* pizz

V-c. *ppp* *p* *ppp* *ppp* *p* *ppp* *pppp* *ppppp* pizz

C-b. *ppp* *p* *ppp* *ppp* *p* *ppp* *pppp* *ppppp*

24/II	дб. 43	дб. 44
3/III	36	43
17/III	32	32
31/III	28	—
7/IV (с бас-кларнетом)	38 32	32 —
Средние величины для кларнета и фагота	34,8	39,7

Схема 2

Шестая симфония П. И. Чайковского, отрывок из третьей части. Соотношение громкости 1) деревянных, 2) струнных без контрабасов, 3) *tutti* в *fff*.

Громкость замерялась на 1-й и 3-й четвертях в первом такте и на 3-й четверти во втором такте.

Анализируемый музыкальный отрывок

Количество исполнителей на разных репетициях

24/II 27/II 3/III 17/III 27/III

Fl.	1	2	1	2	2
Fl. picc.	1	1	1	1	—
Oboi	2	1	2	1	2
Cl. in A	3	2	3	2	2
Fag.	1	1	2	2	1
Corni	3	3	4	4	4
Trombe	3	2	2	2	2
Tromboni e Tuba	3	3	3	3	3
Timp.	1	1	1	1	1
Gr. cassa	1	1	1	1	1
V. ni	15	14	13	15	14
V. le	12	12	11	10	12
V. ce	9	10	10	9	10
V. co	9	9	10	10	10
C. b.	5	5	4	6	6

24/II		68 67 67 67	66 68 69 68
27/II	77,5 78	65 65,5 64 63,5	64,5 62 64 64
3/III	78 79	63 64 62	66 62 65
17/III	78	67 68 67	69 65 65
27/III	80	68 67 65,5	62 69 66
Средние величины	78,6	65,8	65,6

Разница 12,8 и 13 дб.

Анализируемый музыкальный отрывок

Количество исполнителей на разных репетициях

Февр.	март						апр.
	24	3	10	17	20	27	

Flauto I	1	1	1	2	2	2	2	2
Flauto II								
Flauto III (piccolo)	1	1	1	1	—	—	1	1
Oboi	2	2	2	1	2	2	2	2
Clar. I in A	3	3	3	2	2	2	2	2
Clar. II in A								
Fagotti	1	2	2	2	2	1	2	2
Corni in F	3	4	3	4	3	4	3	3
Trombe in B	3	2	2	2	2	2	2	2
Tr-ni e Tuba	3	3	3	3	3	3	3	3
Timpani	—	1	—	1	1	1	1	1
V-ni I	15	13	13	15	15	14	14	15
V-ni II	12	11	10	10	11	12	11	13
Viole	9	10	9	9	10	10	9	9
V-celli	9	10	10	10	10	10	10	9
C-bassi	5	4	2	6	6	6	7	5

24/II	79	62	63
3/III	73	68	—
10/III	77	62	—
	74,5	58,5	58,5
17/III	61,5	55,5	54,5
20/III	73	—	—
27/III	73	—	—
	82	—	—
31/III	82	—	—
3/IV	78	68	64
Средние величины	75,3	62,3	60

Шестая симфония П. И. Чайковского, отрывок из первой части. Соотношение громкости первых скрипок и tutti в fortissimo. В этом музыкальном отрывке громкость замерялась на 3-й четверти во втором такте и на 1-й четверти в третьем и четвертом тактах.

Е-молл-ная симфония И. Брамса, отрывок из финала. Соотношение громкости
тромбонов и *tutti* в *fortissimo*.

В этом отрывке громкость замерялась на 1-й и 2-й четверти каждого такта.

Анализируемый музыкальный отрывок		Количество исполнителей на разных репетициях		
		24/IV	12/V	15/V
Flauti		2	2	2
Oboi		1	2	2
Cl. in A		2	1	2
Fagotti		2	2	2
C.fag.		1	1	1
Corni	in E	1	4	4
	in C			
Trombe		3	3	3
Tromboni		3	3	3
Violini		13	13	14
Viole		8	10	10
V.celli		9	10	10
C-bassi		2	5	5
24/IV	— 70 — 68 — 70 — 64 70 — 72 —	72 70 74 69 74 70 72 72 64 68 68 68	68 70 70 72 68 70 70 70 — 72 — 70	
12/V	80 — 74 70 72 —	— — — 66 — 68	— — — — — —	
15/V	74 72 72 73 72 —	72 72 71 73 70 —	— — 71 74 70 —	
Средние величины	73,2 69,6	70,8 69,6	69,5 71,1	

Первый концерт для фортепиано с оркестром П. И. Чайковского, отрывок из первой части.

Соотношение громкости двух тромбонов и полного *tutti* в *ff*.
Громкость замерялась на 1-й и 3-й долях третьего такта.

Анализируемый музыкальный отрывок		Количество исполнителей на репетициях	
		15/V	19/V
Fl. I		1	1
Fl. II		1	1
Ob. I		2	2
Ob. II			
Cl. I		2	2
Cl. II			
Fag. I		2	2
Fag. II			
Cor. I		3	4
Cor. II			
Cor. III			
Cor. IV			
Tr-be I		3	3
Tr-be II			
Tr-ni I		3	3
Tr-ni II			
Tr-ni III			
Timp.		1	1
Piano			
Viol. I		14	15
Viol. II		15	14
Viole		9-10	10
V.-c.		10	10
C.b.		5	6
15/V	72	68	
19/V	72	66	
	74	66	
	70	64	
	74	66	
	72	66	
Средние величины	72,3	66	

Первый концерт для фортепиано с оркестром П. И. Чайковского, отрывок из первой части.

Соотношение громкости 4 валторн и *tutti* в *fortissimo*.

В этом музыкальном отрывке на репетиции 19/V громкость замерялась на 1-й и 2-й четвертях второго и третьего тактов.

Анализируемый музыкальный отрывок		Количество исполнителей
Allegro non troppo e molto maestoso		
Flauto I		2
Flauto II		
2 Oboi I II		2
2 Clarinetti in B I II		
2 Fagotti I II		2
4 Corni in F I II III IV		4
2 Trombe in F I II		2
Tromboni I II III		3
Timpani in As, Des, Es		1
Allegro non troppo e molto maestoso		
Piano		
Allegro non troppo e molto maestoso		
Violini I		15
Violini II		
Viole		
Violoncelli		
Contrabassi		
	68 74	67 75
	— 74	67 76
Средние величины	68 74	67 75,5

Е-молл-ная симфония И. Брамса, отрывок из первой части. Соотношение громкости деревянных и струнных (*pizzicato*) в *forte*.

В этом отрывке громкость замерялась на 1-х и 3-х четвертях в каждом такте. В схеме для наглядности показатели громкости деревянных и струнных смещены по отношению друг к другу по вертикали (показатели деревянных — выше, показатели струнных — ниже).

Анализируемый музыкальный отрывок		Количество исполнителей на разных репетициях					
		14/IV	24/IV	5/V	8/V	12/V	19/V
F1.		2	2	2	2	2	2
Ob.		2	1	2	2	2	2
Cl.		2	2	2	2	1	2
Fag.		2	2	2	2	2	2
Cornl.		2	2	2	3	4	4
Trombe		2	2	2	3	3	3
V-ni		14	13	13	10	13	15
V-le		10	10	11	10	13	14
V-c.		9	8	8	9	10	10
C.-b.		9	9	8	9	10	10
		4	2	4	5	5	6
14/IV	— — 64 59 59 60 62 60 62 59 61 60 57 — —						
24/IV	60 — — — — 59 — 60 — 58 — — — —						
5/V	— — 62 60 61 62 61 58 61 58 60 59 — 57 —						
	— — 64 — 62 60 63 — 59 60 57 58 57 57 —						
8/V	65 — — 60 64 59 63 58 60 59 64 58 56 — 54						
	76 — 64 62 64 60 62 60 62 58 58 — — —						
	— — — — 61 51 61 59 61 59 — — — —						
12/V	70 58 62 58 58 58 55 — — — — —						
	— 57 62 58 63 58 60 59 62 60 62 58 58 57 56						
19/V	66 64 60 60 62 62 58 58 59 58 59 56 60 — —						
Средние величины	67,4 59,3 62,3 59,6 61,6 58,9 60,3 58,9 60,7 58,9 59,9 58,2 57,9 57 55						