

М. А. ФУКСМАН

Ростовская государственная консерватория (академия)  
им. С. В. Рахманинова

УДК 78.072.1.01

## ВОЗМОЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ *CRESCENDO* И *DIMINUENDO* СРЕДСТВАМИ MIDI И СЭМПЛИРОВАНИЯ

**М**оделирование явлений обычной («акустической») музыки с помощью современных информационных технологий обогащает мышление современного музыканта. Появляются разнообразные источники новых звучаний; становится более гибким манипулирование музыкальным материалом; открывается возможность разделить процессы исполнения и редактирования его результатов. В рамках современных технологий звуковые явления представляются в стандартах цифрового звука или MIDI.

**Представление звука в цифровой форме.** Обычный (аналоговый) звук производится объектом, колеблющимся в упругой среде: струной, пластиной, мембраной, столбом воздуха. При этом отклонение колеблющегося тела от положения равновесия непрерывно изменяется во времени. Амплитуда данного колебания определяет уровень сигнала, воспринимаемый человеком как громкость.

Представляя звук в цифровом виде, производят дискретизацию (англ. *sampling*<sup>1</sup>) – «непрерывный аналоговый сигнал заменяется последовательностью отсчетов, величина которых может быть равна значению сигнала в данный момент времени» [2]. А по оси уровня сигнала осуществляется квантование (*quantization*) – «разбиение диапазона значений непрерывной или дискретной величины на конечное число интервалов» [3]. Образец цифрового звука называется сэмплом (*sample*).

Амплитудная огибающая (*envelope*) – характеристика сигнала, отражающая изменение его уровня. Она состоит из фаз атаки (*attack*), спада (*decay*), удержания (*sustain*), отпускания (*release*). В фазе атаки уровень сигнала быстро возрастает от нулевого значения до максимального. В фазе спада уровень сигнала падает. Далее уровень сигнала колеблется, иногда с уменьшением, в фазе удержания. В фазе отпускания уровень сигнала падает от конечного значения фазы удержания до нуля.

Сэмпл можно воспроизводить различными способами. При простом воспроизведении сэмпл проигрывается один раз. В другом случае фазы амплитудной огибающей сэмпла записываются отдельно.

Сэмпл дается в петле (*loop*): некоторый его участок воспроизводится от начала к концу, после чего – снова от начала к концу до получения команды на выход из петли. Такова основа таблично-волнового (*wave table*) метода синтеза звука.

**Представление звука в рамках стандарта MIDI.** Другая звуковая технология – MIDI (*Musical Instruments Digital Interface*, цифровой интерфейс музыкальных инструментов), принятый в 1982 году. *Интерфейс* (в широком смысле слова) – совокупность условий и средств, обеспечивающих связь между агентами информационного процесса. Люди – агенты информационного процесса. *Условия* – это язык, коды которого по предварительному соглашению доступны всем агентам. Под *средствами* понимаются определенные аппаратные устройства (синтезаторы, компьютеры, секвенсоры, коммутационные кабели и др.).

Поток информации делится в MIDI в различных отношениях. Членение времени в MIDI связано с взаимным соответствием СИ (час: минута: секунда<sup>2</sup>) и музыкальной тактометрической системы (такт: доля: тик<sup>3</sup>). Мельчайший неделимый фрагмент MIDI-информации называется MIDI-сообщением<sup>4</sup>. MIDI-сообщения передаются одновременно по 16 каналам. Одни типы сообщений (системные) описывают состояние системы в целом, в то время как другие (канальные) относятся к конкретному каналу. Каждому MIDI-сообщению соответствует момент времени. Совокупность MIDI-сообщений, взятых и в последовательности, и в одновременности, в целом образует секвенцию (в специальном смысле).

Звук, показанный с помощью MIDI, представляет собой упорядоченное множество команд, управляющих определенными средствами (например, синтезаторами или другими инструментами), объединенными в MIDI-систему. Различные синтезаторы, «понимающие» MIDI, отчасти производят/воспроизводят поток MIDI-сообщений одинаково, отчасти привносят свои индивидуальные черты. Системы цифрового звука и MIDI взаимосвязаны. Например, часто сэмплы цифрового звука воспроизводятся в потоке MIDI-сообщений, в котором их звучание изменяется.

У традиционной теории музыки, в особенности связанной сериальной практикой и системой MIDI, есть общность в *параметрическом* подходе к выразительным средствам музыки. Осмысленные, структурно обособленные периоды звучания (отдельные звуки, мотивы, фразы, группы, поля и т. д.) рассматриваются как звуковые объекты. Свойства музыкальных объектов (высота тона, ритмические длительности и др.) измеряются. При этом для каждого свойства в данный момент времени звуковой объект принимает одно из дифференцированных по структуре и смыслу значений. В громкостной динамике – это значения (нюансы) от *ppppp* до *fffff*. Измеренное таким образом свойство выступает как *параметр*.

Системы параметров, описываемых в традиционной музыкальной теории и интерфейсе MIDI, не совпадают, хотя пронизаны соответствиями друг с другом. Далее устанавливаются связи между параметром «громкостная динамика», взятым в частных проявлениях (*crescendo*, *diminuendo*) в системах традиционной музыкальной нотации и MIDI.

**Громкостная динамика в традиционной нотации. Динамические «вилки».** Громкостная динамика звучания (кратко – «динамика») изменяется во времени музыкального произведения, образуя его динамический профиль. Мы выделяем постоянный и переменный динамические профили.

Постоянные профили в традиционной музыкальной нотации выражаются в системе динамических оттенков (ступеней). Базисные оттенки – «тихо» (*piano*, *p*) и «громко» (*forte*, *f*). На их основе выстраивается квантитативная цепь. Убывание динамики связано с возрастанием числа знаков *p* (*pp* тише, чем *p*; *ppp* тише, чем *pp* и т. д.), аналогично, возрастание – с увеличением числа знаков *f*. Динамический диапазон между *p* и *f* заполняется значениями *mp* («умеренно тихо») и *mf* («умеренно громко»).

Указанная традиционная терминология имеет недостатки. Число значений параметра (на письме) «громкостная динамика» сравнительно невелико (12). Существует ярко выраженная нестабильность исполнительской интерпретации (в звучании) одних и тех же (на письме) динамических оттенков. Отсутствует единица измерения динамических ступеней.

Среди переменных динамических профилей можно выделить простейшие, однонаправленные, и составленные из них (сложные) волнообразные. Однонаправленные профили бывают возрастающими (итал. *crescendo*) или убывающими (итал. *diminuendo*). Далее однонаправленные профили условно именуется «вилками», соответственно используемым при их обозначении графическим символам. Такая система обозначения однонаправленных профилей испытывает трудности при выражении «количества» возрастания, его «скорости», изменений этой скорости во времени («ускорения»).

С внутренней процессуальной стороны «вилка» представляет собой цикл, состоящий из трёх фаз: дискретной фазы (точки) *старта*, континуальной фазы *трассы*, дискретной фазы *финиша*. Во внешней временной структуре «вилка» действует в композиции музыкального произведения на её фоническом, синтаксическом, композиционном масштабно-временных уровнях (Е. Назайкинский) [1, с. 48–53]. Логично рассмотреть как собственно фонический уровень (единичный звук как целое), так и субфонический уровень (фазы амплитудной огибающей единичного звука). На фоническом уровне «вилке» мы сопоставляем следующие характеристики: текущая (то есть, «характерная для данного момента времени данной фазы») динамическая ступень, время действия, скорость изменения динамики (во времени), ускорение изменения динамики. Синтаксический уровень действия «вилки» характеризуется взаимодействием различных вилок в одновременном звучании нескольких динамических пластов многоголосной музыкальной ткани. К этому же уровню относится совмещение различных вилок, одновременно действующих в одном и том же построении, но на различных его синтаксических уровнях (субмотива, мотива, фразы, предложения). Темообразующие комплексы, динамические «персонажи» действуют на композиционном уровне, не рассматриваемом в данной статье.

**Отражение громкостной динамики в системе MIDI-сообщений.** Явления громкостной динамики отображаются в системе MIDI с помощью нескольких типов канальных сообщений. Это сообщения Note On (включение ноты), Note Off (выключение ноты), Key Pressure (Polyphonic Aftertouch, давление на клавишу), Channel Pressure (Channel Aftertouch, давление в канале), Control Change (смена значения контроллера).

Назовём MIDI-контроллером (или кратко контроллером) элемент спецификации MIDI, обозначающий распределение параметров звуковых объектов во времени. Каждому контроллеру соответствуют специфичные для него параметры, принимающие значения в промежутке от 0 до 127. Непрерывные (continuous) контроллеры изменяются в полном указанном диапазоне, контроллеры-переключатели (switches) имеют два состояния: выключено (значения 1-63) и включено (значения 64-127). В системе MIDI изменение динамики может быть выражено, прямо или косвенно, при помощи следующих контроллеров: (7) Main Volume (общий уровень звучания), (11) Expression (выразительность), (73<sup>5</sup>) Attack Time (время атаки), (72) Release Time (время отпускания), (64) Sustain (аналог правой педали фортепиано), (66) Sostenuto (аналог средней педали фортепиано), (67) Soft (аналог левой педали фортепиано).

**Устройствами контроля** будем считать аппаратные и/или программные средства, предназначенные для ввода параметров контроллеров. Ха-

ракетное аппаратное средство – самостоятельная MIDI-клавиатура (или клавиатура электронного инструмента), а также дополнительные сопутствующие ей устройства. Руками управляются оптический контроллер, ленточный (ribbon) контроллер, программируемые регуляторы ползункового или поворотного типа. Устройства ножного управления – педаль sustain (аналог правой фортепианной педали), педаль экспрессии, программируемая ножная педаль (для ввода MIDI-сообщений различного типа). Существуют также духовые контроллеры. Программные средства ввода содержатся в специальных программах для редактирования музыки в формате MIDI – секвенсорах<sup>6</sup> (например, Cubase, Apple Logic Audio, Cakewalk Sonar). Можно вводить значения параметров, соответствующих контроллерам, в текстовом, графическом режимах, с MIDI-клавиатуры.

Для каждого типа канальных сообщений будет указано, какого рода свойства музыкальной динамики связаны с ним, каковы параметры и параметрические шкалы, описывающие данный тип в системе MIDI. Также описывается, на каких композиционных уровнях действует данный тип сообщений, каковы основные возможности ввода сообщений данного типа.

**Канальные сообщения Note On, Note Off.** Сообщения данного типа указывают на включение/выключение ноты. Данный тип сообщения часто адресуется устройствам, хранящим в своей памяти сэмплы звучания разных инструментов, определённым образом сгруппированные. В зависимости от параметров сообщения Note On вызывается один или несколько из сэмплов, входящих в группу. У сообщения Note On два параметра: номер ноты и значение скорости нажатия клавиши (key velocity). Нумерация тонов осуществляется непрерывно по порядку хроматической гаммы, ноте «до» первой октавы присваивается условный десятичный номер 60. Значения key velocity меняются непрерывно. Они связаны, как минимум, с изменением громкости звука: чем больше скорость нажатия, тем громче звук. Иногда сэмплы сгруппированы так, что значения key velocity разбиты на диапазоны, каждому из которых соответствует особый сэмпл. В зависимости от значений параметра key velocity могут также меняться параметры фильтрации, пропорции смешения различных сэмплов.

Как видно, сообщение типа Note On может управлять громкостью звука тона не только изолированно, но и в её связях с тембром (что обычно и наблюдается при исполнении на традиционных инструментах). Устройством управления служит клавиатура, иногда – духовой контроллер. Клавиатуры динамического типа, или чувствительные к скорости нажатия, выдают значения key velocity от 0 до 127. Кроме того, порой в клавиатурах данного типа программируется

характер зависимости громкости получаемого звука от key velocity (так называемые «кривые velocity»). Клавиатуры, не чувствительные к скорости нажатия, выдают значения key velocity, равные 64.

Сообщения Note On управляют динамикой на синтаксическом уровне. С их помощью можно выполнить «вилки» в последовательности звуков, но не на одном звуке. Но даже с помощью сообщений данного типа выполняется и многоколейная динамика в многоголосии, и совмещение разномасштабных «вилок» в одноголосии.

Условная, полемически заострённая интерпретация громкостной динамики приводится в музыкальном отрывке (пример № 1).

Пример № 1

Л. Бетховен.  
Соната соч. 31 № 2. Ч. I, т. 2-5

The image shows a musical score for the first movement of the second part of Beethoven's Sonata Op. 31 No. 2. The score is in 4/4 time and features a melody in the right hand and a bass line in the left hand. Above the melody, there are three levels of dynamic markings: A1 (top), A2 (middle), and A3 (bottom). Below the bass line, there are three levels of dynamic markings: B1 (top), B2 (middle), and C1 (bottom). The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings like 'p' and 'f'.

Здесь предполагаются «вилки», одновременно действующие в мелодии (А) на синтаксических уровнях субмотива (А3), мотива (А2), фразы (А1); в басу (С) – на уровнях мотива (С2), фразы (С1); в среднем гармоническом голосе (В) – на уровнях мотива (В2), фразы (В1). Попробуем соразмерить значения key velocity для каждого из звуков мелодии, отражающие данную интерпретацию. Выполнение разномасштабных «вилок» в мелодии начнём с установления трёх возрастающих средних значений key velocity для мотивов 2.4.1 – 3.3.2<sup>7</sup>, 3.4.1 – 4.3.2, 4.4.1 – 5.3.2, соответственно, 40, 60, 90. Средние значения key velocity для субмотивов мотива 2.4.1 – 3.3.2, в соответствии с предложенной динамикой и средним значением key velocity для данного мотива, можно представить последовательностью 30-50-44-36. Для субмотивов мотива 3.4.1 – 4.3.2 получаем последовательность средних значений key velocity 50-70-64-56; для субмотивов мотива 4.4.1 – 5.3.2 получаем последовательность средних значений key velocity 70-90-84-66. В субмотивах положим отношение значений key velocity первого и второго звуков примерно 4:3, округляя значения до целых чисел. Учтём указанное отношение, а также средние значения key velocity для субмотивов. Для субмотивов, входящих в мотивы 2.4.1 – 3.3.2, 3.4.1 – 4.3.2, 4.4.1 – 5.3.2, получим последовательности значений key velocity, сведённые в Таблицу 1.

Таблица 1. Выполнение одновременных  
разномасштабных вилок  
с помощью сообщения Note On

Такт	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Доля	4	4	1	1	2	2	3	3	4	4	1	1
Время доли	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Key velocity	34	26	57	43	50	38	41	31	57	43	80	60

Такт	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Доля	2	2	3	3	4	4	1	1	2	2	3	3
Время доли	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Key velocity	73	55	64	48	80	60	103	77	96	72	75	57

Данные такого рода можно ввести и с MIDI-клавиатуры, но более тонкие манипуляции с ними производятся в программе-секвенсоре.

**Канальные сообщения Key Pressure (Polyphonic Aftertouch), Channel Pressure (Channel Aftertouch).** В традиционных инструментах, имеющих клавиши, да и то не во всех, динамика звучания зависит от скорости нажатия клавиши, но не от силы последующего давления на клавишу (aftertouch). В некоторых клавишных MIDI-устройствах с помощью специальных датчиков снимается усреднённое «последующее» давление пальцев на все нажатые клавиши, обрабатываясь затем как канальное сообщение Channel Pressure с одним параметром (величина давления). В других устройствах датчики сопоставлены с каждой клавишей. Снимаемое каждым датчиком давление на клавишу обрабатывается как канальное сообщение Key Pressure с двумя параметрами (номер ноты, величина давления). Канальные сообщения рассмотренных здесь типов неспецифичны для выражения динамики, но могут быть предварительно запрограммированы для манипуляций с ней. Тогда усиление нажатия на клавиши приведёт к усилению или ослаблению динамики звучания.

Канальные сообщения типа Channel Pressure и Key Pressure позволяют оперативно изменять динамику на фоническом и даже субфоническом уровне с помощью MIDI-клавиатур или клавишных инструментов, способных генерировать такого рода сообщения. В таком случае координация кинестетических и слуховых ощущений привычна, удобна для традиционных исполнителей. Хотя, с другой стороны, от

клавишника здесь требуются кинестетические навыки, более знакомые струннику (изменение давления пальца на струну, вибрато и т. д.). Введение сообщений рассматриваемого типа в секвенсоре возможно, хотя и уступает в гибкости управления работе с клавиатуры.

**Канальные сообщения Control Change.** Данные сообщения содержат два параметра: номер контроллера, значение контроллера. Рассмотрим некоторые контроллеры, употребляемые для управления динамикой звучания.

**Контроллеры Main Volume, Expression.** Данным контроллерам стандарт MIDI рекомендует номера, соответственно, 7 и 11. С помощью Main Volume задаётся некоторая средняя громкость звучания инструмента для данного канала. Контроллер принимает значения в диапазоне от 0 до 127, значение по умолчанию – обычно, 100. Данный контроллер действует как на уже звучащие ноты, так и на все последующие. С помощью Expression происходит управление «выразительностью» звучания. На практике оно обычно ограничивается манипуляциями с громкостью, к которым иногда добавляется контроль над параметрами синтеза (здесь не рассматриваемый). Контроллер принимает значения в диапазоне от 0 до 127, значение по умолчанию – обычно, 127.

Контроллеры Main Volume и Expression, сходные по принципу действия, на практике применяются для решения различных задач. Значения Main Volume выставляются стабильными для данного канала. С их помощью регулируется динамика данного инструмента относительно других (динамический баланс). «Вилки» выполняются на синтаксическом уровне и связываются с передачей музыкального материала из канала в канал. Напротив, значения Expression меняются, достаточно гибко отражая, среди прочего, и динамические «вилки». Последние действуют на синтаксическом, фоническом и, отчасти, субфоническом уровнях. В отличие от key velocity, Expression позволяет добиться «вилки» и на одном звуке, притом неоднократно менять её направление, скорость и ускорение. Это – «штатное», основное средство для создания «вилок» на синтаксическом уровне. Контроллером Expression можно управлять с помощью специальной ножной педали, а также запрограммировав соответствующим образом ленточное или оптическое устройство контроля.

В уже разобранный отрывок из Бетховена контроллер Expression можно было, например, применить для создания вилки в «масштабах» фразы. На субфоническом уровне с помощью Expression можно моделировать фазы огибающей звука<sup>8</sup>, особенно атаку и отпускание (связанное иногда с так называемой «филировкой» звука).

Применение контроллера Expression в совокупности с другими средствами MIDI иллюстрируется фрагментом Вступления из «Весны священной» И. Стравинского (пример № 2).

Пример № 2

И. Стравинский.

Весна священная. Вступление, т. 1

The image shows a musical score for two flutes, labeled "Дудочка 1" (A1) and "Дудочка 2" (A2). The score is in 4/4 time and consists of two measures, each with 8 notes. The first measure (A1) has a dynamic marking of *ppp* and a crescendo hairpin leading to *mp*. The second measure (A2) has a dynamic marking of *pp* and a decrescendo hairpin leading to *p*. There are slurs over the notes in both measures. Below the staves, there are arrows indicating channel assignments: "Канал 2" with a double-headed arrow pointing to the first staff, and "Канал 1" with a single-headed arrow pointing to the second staff.

В данном отрывке нами предлагается интерпретация динамики, включающая «вилки». Фрагмент состоит из двух мотивов (A1, A2), второй из которых является свободным ритмическим увеличением первого. Учтём инструментовку последующего материала: поочерёдно вступают духовые инструменты, как если бы «дудочки» народных исполнителей перекликались в обширном пустом пространстве. В этой связи мы уже здесь создаём иллюзию игры двух исполнителей, условно обозначенных как «Дудочка 1» (D1) и «Дудочка 2» (D2). D1 играет со значительно более свободной агогикой (выписанные *rit.* на начальном и конечном звуках). Пусть D1 играет близко, а D2 – в отдалении. Подчеркнём динамикой мелодическую структуру мотивов: основные звуки (*c – h – a*) (1, 4, 8<sup>9</sup>), остальные звуки – вспомогательные. Выделение нами звука *h* (4) связано как с традицией исполнения форшлага *crescendo*, так и предлагаемой нами версией развития звука *c* (1) в мотиве A1. Первый долгий звук привлекает внимание, побуждая нас к проработке его самостоятельной жизни. Он вырастает из тишины, трогательно «ломаюсь» в форшлага на пике своего осуществления. Напротив, украшающие звуки *g, e* скрыты. Они нотированы, с известной долей преувеличения, как «ноты-призраки» (*ghost notes*).

Не вдаваясь в детали, выскажем основные соображения по поводу возможных средств MIDI, направленных на реализацию указанных эффектов. D1, играющая условным сэмплом «фагот меццо-пиано» (S1), прописывается в канале 1, с более высоким значением Main Volume. D2, управляемая сэмплом «фагот пиано» (S2), находится в канале 2, здесь значение Main Volume ниже. Мелодическая структура линии выполняется в основном при помощи параметра Key Velocity, значения которого выше для опорных звуков 1, 4, 8, ниже для остальных звуков. «Вилки» вы-

полняются для каждого канала отдельно с помощью возрастания и убывания Expression. Для звука 1 из A1 можно применить морфинг (*morphing*) – превращение одного звука в другой, именно, S2 в S1. Для этого звук записывается в обоих каналах, но линии изменения Expression в них различны (пример № 2). Идея состоит в *crescendo* сначала внутри S2, который затем затихает, постепенно уступая место нарастающему S1<sup>10</sup>.

#### Контроллеры Attack Time (73), Release Time (72).

Указанные контроллеры задают, соответственно, время начальной атаки звука (возрастания громкости от нуля до максимума) и время его затухания, отсчитывая от момента поступления соответствующих сообщений. Контроллерам сопоставлен один параметр, обозначающий время эффекта в относительных единицах (1, 64, 127). Стандартное значение параметра – 64. Контроллеры служат для «вилочных» операций со звуком на субфоническом уровне, изменяя скорость «вилок».

#### Контроллеры Sustain (64), Sostenuto (66), Soft (67).

Указанные контроллеры-переключатели имитируют действие фортепианных педалей. Контроллеры Sustain и Sostenuto во включенном состоянии вызывают удержание звучания клавиш. Sustain воздействует на клавиши, отпущенные после его включения. Sostenuto воздействует на клавиши, отпущенные после момента его включения и при этом нажатые на данный момент. Эти контроллеры воздействуют на динамику косвенно, увеличивая или уменьшая текущую звуковую массу. Указанные контроллеры влияют на синтаксический и фонический уровни звучания.

Контроллер Soft во включённом состоянии смягчает звучание для нот. В простейшем случае это сводится к уменьшению громкости, в более сложных – к управлению изменением тембра (спектра), способы зависят от конкретного MIDI-устройства. Soft ограничено применим для контроля динамики на низших ступенях синтаксического уровня.

Для управления Sustain предусмотрена стандартная ножная педаль, контроллерами Sostenuto и Soft можно управлять, соответственно настроив программируемую ножную педаль. Всеми тремя контроллерами можно управлять из секвенсора.

Итак, совместное применение технологий цифрового звука и MIDI даёт музыканту богатые возможности для гибкого управления динамикой. Построение тонкой системы динамических градаций, одновременный контроль над динамикой на различных композиционных уровнях, сочетание управления в реальном времени и «отсроченного», возможности осуществления нескольких динамических процессов, – всё это может послужить современному музыканту в его поисках новой музыкальной гармонии.

## ПРИМЕЧАНИЯ

<sup>1</sup> Используемые далее иностранные термины – английские, если не указано иное.

<sup>2</sup> Иногда секунда делится на кадры (frames). Число кадров в секунде связано с одним из кино- (видео-) форматов, в которых аудио- и видеоматериал синхронизируются с частотой 24; 25; 29; 97; 30 кадров в секунду.

<sup>3</sup> Тик – условная часть доли. Стандартные величины: 1/120, 1/480, 1/960.

<sup>4</sup> Сводную таблицу MIDI-сообщений можно найти в источнике: [5].

<sup>5</sup> Номера для контроллеров attack time и release time были рекомендованы в дополнении к стандарту GM2: GM2 update 1.2 (2007), см.: [4].

<sup>6</sup> Употребительно также написание «секвенсер».

<sup>7</sup> Обозначены начала и концы построений в формате «такт. доля. (долевое) время». Например, 2.4.1 – 3.3.2: построение, начинающееся в первом времени четвертой доли второго такта и завершающееся во втором времени третьей доли третьего такта.

<sup>8</sup> Очевидно, что фаза атаки связана с «расширяющейся» вилоккой (cresc.), а фазы спада и отпускания, – с «сужающейся» вилоккой (dim.).

<sup>9</sup> Звуки каждого мотива пронумерованы независимо.

<sup>10</sup> В связи с такой противоположно направленной динамикой в двух каналах говорят о crossfading.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Назайкинский Е. В. Логика музыкальной композиции. – М.: Музыка, 1982.

2. Дискретизация [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.

3. Квантование [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.

4. General MIDI 1, 2 and Lite Specifications [Electronic resource]. – URL: <http://www.midi.org/techspecs/gm.php>.

5. Table 1 – Summary of MIDI Messages [Electronic resource]. – URL: <http://www.midi.org/techspecs/midimessages.php>.

**Фуксман Михаил Адольфович**

кандидат искусствоведения,  
доцент кафедры теории музыки и композиции  
Ростовской государственной консерватории  
им. С. В. Рахманинова

