

Николай Александрович Кравцов – аккордеонист,
кандидат искусствоведения, профессор кафедры народного
инструментального искусства Санкт-Петербургского государственного
института культуры, заслуженный деятель искусств РФ
(Санкт-Петербург, Россия),
kravtsov@accordionkravtsov.ru

Владимир Николаевич Мараев – кандидат философских наук,
старший преподаватель кафедры философской антропологии
Санкт-Петербургского государственного университета
(Санкт-Петербург, Россия),
v-maraev@yandex.ru

Nikolay A. Kravtsov – accordionist, Ph.D. in History of Arts,
Professor of the Folk Instrumental Art Department of the St. Petersburg
State Institute of Culture, Honored Artist of the Russian Federation
(St. Petersburg, Russia),
kravtsov@accordionkravtsov.ru

Vladimir N. Maraev – Ph.D. in Philosophy, senior lecturer
at the Department of Philosophical Anthropology
of the St. Petersburg State University
(St. Petersburg, Russia),
v-maraev@yandex.ru

УДК 786

DOI 10.61908/2413-0486.2021.28.4.21-36

ЭРГОНОМИКА В ЭВОЛЮЦИИ КЛАВИАТУР КЛАВИШНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

ERGONOMICS IN THE EVOLUTION OF CHROMATIC MUSICAL KEYBOARDS

Аннотация

В статье показан процесс эволюции типов хроматических клавиатур клавишных инструментов. Выявлены эргономические корни модификаций механических устройств, появлявшиеся по запросам музыкальной культуры в различных эпохах. Обосновано появление новых типов систем и их разновидностей во взаимосвязи с акустической парадигмой проскакивающего металлического «язычка» – голосовой планки аккордеонов. Определены и изучены варьируемые системные элементы, влияющие на алгоритмы информационных каналов клавиатурных устройств. Показана эффективность

оценки функционирования клавиатур в поле эргономической системы «человек-машина», благодаря чему впервые обозначены пути улучшения артикуляционных свойств клавиатур аккордеонов.

Abstract

The article shows the evolution process of the types of chromatic keyboard instruments. The ergonomic roots of modifications of mechanical devices, which appeared at the request of musical culture in different eras, are revealed. The emergence of new types of systems and their varieties is substantiated in connection with the acoustic paradigm of the slipping metal *tongue* (the vocal bar of an accordion). Variable system elements influencing the algorithms of information channels of keyboard devices are identified and studied. The effectiveness of performance evaluation of keyboards in the field of the man-machine ergonomic system is shown, due to which, for the first time, ways of improvement in the articulatory properties of accordion keyboards are outlined.

Ключевые слова: хроматика, клавиатуры, гидравлос, аккордеон, эргономика, система «человек-машина», артикуляция, функциональность

Keywords: chromatics, keyboards, hydraulis, accordion, ergonomics, man-machine system, articulation, functionality

Современная эргономика оперирует такими ключевыми для неё понятиями как «машина», то есть имеется в виду «техническое приспособление, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации» [1, с. 12], и среда или система «человек-машина» (далее СЧМ), то есть, значительно более широкими понятиями, охватывающими инженерные решения, обеспечивающие взаимодействие человека-оператора с управляемыми им машинами [там же, с. 8]. Несомненно, эргономика наших дней касается и музыкальных инструментов, преимущественно клавишных, и даже именно их относит к классу «информационных машин».

В связи с этим необходимо уточнение вопросов взаимодействия человека-оператора с управляемыми им машинами с инструментоведческих позиций.

Исполнителю на любом музыкальном инструменте важно изучить, каким образом неживое *звучащее тело* инструмента функционирует, создавая звуковые колебания после воздействия на него живым телом исполнителя.

Способы воспроизведения исполнителем звуковых колебаний у различных тел можно разделить на три вида. В первом он полностью соприкасается со *звучащим телом*. Во втором – частично соприкасается с ним. В третьем исполнитель воздействует на *звучащее тело*, не прикасаясь к нему. В этом случае он использует какой-либо механизм, который является «информационной машиной».

Из *звучащих тел* можно выделить несколько типовых групп. Самая выразительная – голосовая связка певца; затем – струна; далее – воздушный столб духового инструмента, который приводится в звучание различными способами вдвухания (через мундштук, одинарный язычок, двойной язычок, рассечение воздушной струи в свистке); различные материалы и конструкции для преобразования их в шумовые звуки через удары; и, наконец, проскакивающий в планке язычок.

Эффективность передачи художественного начала через воздействие на физическое *звучащее тело* во многом зависит от его непосредственного контакта с живым телом исполнителя. Чем он слабее, тем беднее становятся художественно-выразительные возможности у исполнителя. В этом смысле самым выразительным инструментом в музыкальном искусстве считается голос певца. Его звучащие голосовые связки находятся непосредственно внутри организма и составляют единое целое с исполнителем. Это самый выразительный музыкальный инструмента, созданный природой. Все остальные, данные человеку природой *звучащие тела* и способы звуковоспроизведения направлены, как правило, на подражание человеческому голосу. Это потребовало создания особых устройств из оставшихся двух способов воспроизведения колебания у *звучащего тела*. Чем они совершеннее, тем выше их уровень эффективности при передаче исполнительской информации на

звучащее тело и тем выше и артикуляционная культура звукообразования того или иного инструмента – *звукового орудия*.

Всегда ли и любой ли музыкальный инструмент, *звуковое орудие*, являлись «машинами»? Оправдан ли такой подход в отношении исторических музыкальных инструментов?

Идея *звукового орудия*, пожалуй, столь же древняя, как и вообще сама по себе идея инструментария, идея орудий труда. Извлекаемый звук для человека является вполне достаточным результатом направленного действия, в том числе и посредством какого-либо объекта или приспособления. С древнейших времен известны орудия, придуманные человеком именно с целью извлечения или, точнее, создания звука.

Античные *звуковые орудия* были просты и изобретательны одновременно, а создание звуков и искусство их сочетания настолько важны для человека, что привлекли интерес математика и философа Пифагора Самосского (около 570–490 годов до н. э.), нашедшего при помощи этих несложных устройств гармонию, выражаемую в числах, пропорциях и простых геометрических фигурах, и связанную, по его мнению, с самой сутью мироустройства. Так как, с одной стороны, согласно его учению, всё в природе соответствует всему по числу и форме, а с другой – физическое звучание является неотъемлемой и фундаментальной частью Вселенной, основой гармонии Небесных сфер. Именно Пифагору мы обязаны первым математическим обоснованием музыкального строя, геометрическим схемам арфы – «арфовым треугольником» со сторонами 2, 3 и 4, разбивкой грифа монохорда, и прочими простыми и логичными решениями, так необходимыми музыкантам на протяжении уже двух с половиной тысячелетий. Однако его труды серьёзно изменили только отношение к музыке, а не сами *звуковые орудия*, остававшиеся всё столь же простыми.

Афинянин Платон в середине IV века до н. э. создал своё учение о Мире идей и Мире вещей, согласно которому все вещи появляются в нашем мире из Мира идей, насыщаясь материей. Но и в Мире идей Платона идея вещи, в

частности – *звукового орудия*, и идея музыки обладают разной сложностью. Идея *звукового орудия*, по его мнению, проста, а идея музыки – сложна. В своём диалоге «Государство» (360 год до н. э.) Платон критикует музыкальные и поэтические жанры, делит их на возвышенные и низменные, но вообще не касается музыкальных инструментов. Ибо в его Мире идей они столь же просты, понятны и полезны, как идеи глиняного сосуда, молотка или лодки. Согласно же другому учению – учению о четырёх причинах, принадлежащему Аристотелю, другу и ученику Платона, – звуковое орудие само по себе, конечно же, является целевой причиной, но для создаваемого им звука – уже динамической, а если мы говорим о музыке, то, скорее всего, и вовсе материальной, то есть не имеет самостоятельной ценности.

Хитроумность античного орудия вообще, по всей видимости, заключалась в том, чтобы добиться сложного при помощи простых и понятных устройств, адаптировать нечто доступное и очевидное для получения недоступного и небывалого. Чем проще «медиатор», тем теснее связь человека с тем, что он творит, созидает или же познаёт, то есть, в нашем случае, чем конструктивно проще и понятнее музыкальный инструмент, тем свободнее музыкант в самовыражении, тем ближе сам он к тому, что он создаёт.

Идею античной «машины», а точнее – «*механы*», нам помогают понять Архимедовы механизмы. *Механа* Архимеда (287–212 годы до н. э.) устроена идеологически совсем по-иному, нежели как привычная нам машина. *Механа* абсолютно понятна, принцип её действия очевиден, воспользоваться её «чудесными свойствами» может любой без дополнительной подготовки. *Механа* призвана не трансформировать силы природы, не изменять порядок вещей, а только рационально использовать то, что в природе уже существует. Гениальность *механ* Архимеда заключена в точном расчёте, а идея его устройств была обычно проста. Вопросы недостаточности решались им совершенно по-эллинически. Если одного неподвижного блока недостаточно для того, чтобы сдвинуть с места или поднять тяжёлый предмет, то можно дополнить его

подвижным блоком. А если и этого будет недостаточно, то можно удвоить или утроить систему подвижных и неподвижных блоков и создать «чудесный» полиспаст, с помощью которого даже один человек сможет снять с мели большой и тяжелый корабль. Если одного обычного лука не хватает для того, чтобы пустить тяжелую стрелу на большое расстояние, следует просто кратно увеличить размер лука и создать таким образом баллисту. Если одного зеркала не хватает для того, чтобы сфокусировать солнечный свет, то следует собрать много зеркал и с их помощью поджечь вражеский флот. Так решались некоторые технические вопросы и до Архимеда. Например, для того чтобы корабль имел большую грузоподъемность он увеличивался в размерах, а чтобы он не терял при этом в скорости гребцов размещали в два, а то и в три ряда, одних над другими, и последовательно ставили одну за другой две, а то и три одинаковые мачты с одинаковыми парусами. Метод был предельно прост и очевиден. Музыкальные инструменты эллинов были, по сути, теми же *механами* с простым и очевидным устройством. Их также касались представления о восполнении недостаточности. Сохранились указания на то, что иногда, в тех случаях, когда музыканту не хватало четырёх струн тетрахорда, их количество на лире просто удваивалось, то есть добавлялся еще один тетрахорд.

Нужно учитывать также и некоторый консерватизм эллинской культуры в том, что касалось музыкальных инструментов и исполняемой на них музыки. В частности, в Спарте эфоры (чиновники) следили за тем, чтобы число струн не превышало положенного. «Один из декретов спартанских эфоров гласил следующее: “Так как Тимофей Милетский, прибывший в наше государство, пренебрегает древней музой и, играя, изменяет 7-струнную кифару и вводит многозвучие, он портит слух молодёжи многострунностью и пустейшим, низменным и сложным мелосом”. Указанный Тимофей был присуждён к “отсечению лишних из 11-ти струн” его кифары» [2, с. 208].

Античности мы обязаны самой концепцией «*механы*», как устройства понятного и простого, как предвестника появления машин, и идее усиления или

дополнения качеств какого-либо действия методом умножения объектов или же кратного увеличения их линейных размеров. Метод умножения ещё очень долго задержался в европейской культуре и, в частности, в музыке. Достаточно вспомнить хотя бы хор.

Чему мы обязаны появлением в течение последних двух веков до нашей эры и начала новой эры концепции «машины», загадочного «чёрного ящика», которым мы можем управлять и получать предсказуемые результаты, не вникая в его устройство, не зная, к примеру, даже принципа действия? Что является причиной: «*deus ex machina*», наследник греческого «*apo tekhanos theos*», произошедшего от «волшебной» театральной *механы* – крана, который поднимал актёра над сценой, имитировал полет; древнеримский Янус, двуликий бог замков, дверей и всего закрытого, покровитель невидимого и таинственного; своеобразная самобытная культура Восточной римской империи; контакты Константинополя с Персией и Китаем, для которых, особенно для Китая, характерна концепция «волшебных сосудов», таких, например, как жидкостный компас, «поющие» сосуды для воды, «предсказатель землетрясений», принцип действия которых должен быть загадочным по определению? Приходится признать, что, скорее всего, ни одна из перечисленных причин не могла быть ни единственной, ни главной. Очевидно, что такой серьёзный идеологический поворот в технике, культуре и искусстве не внезапен и является следствием целого круга причин и порождающих факторов, как закономерных, так и случайных.

По-видимому, той самой первой «машиной» среди музыкальных инструментов стал хитроумный гидравлос – водяной орган, создание которого приписывается отцу пневматики и гидравлики – Герону. Это, поистине сказочное, устройство таинственным образом подавало воздух под давлением к трубам и управлялось снаружи невиданным способом – компактной батареей «ключей» (лат. *clavis*), доступных для управления одним-двумя людьми и связанных через своеобразную трансмиссию с клапанами, то есть имело

клавиатуру. Скрытость его устройства легко объясняется тем, что кожухи пневматических и гидравлических устройств не были прозрачны. А вот «хитроумность» трансмиссии для управления клапанами была, в том числе, обусловлена непосредственно размерами и подвижностью человеческого тела, то есть уже стремилась решать задачи адаптации машины к человеку, задачи преодоления антропометрических и эргономических ограничений.

«Ключи» гидравлоса были ещё очень несовершенны по нашим представлениям, очень далеки от привычных нам клавиш, были выдвигаемыми, имели двойной ход, то есть исполнитель должен был сам и открывать, и закрывать клапаны, но тем не менее эта условно клавишная система была первой перенесена на музыкальные инструменты с другим принципом звукоизвлечения, с иным *звучащим телом* – на струнные инструменты. Легендарный «органиструм» XII века, изображённый в соборе Сантьяго в Испании, имеет клавиатуру, подобную ключам гидравлоса, так же, как и гидравлос, управляется двумя исполнителями, но является при этом колёсной лирой. Этот факт позволяет нам предположить, что появление клавиатуры, пусть даже такой ещё несовершенной с нашей точки зрения, дало новые возможности исполнителям в выборе различных по звукообразованию инструментов с оригинальными клавиатурными механизмами-«машинами». Именно появление таких устройств способствовало имитации голосов двух певцов и более. Это породило абсолютно новую самостоятельную стилистику, уже не связанную жёстко со *звучащим телом* и принципом звукоизвлечения.

Гвидо Аретинский (Гвидо д'Ареццо, ок. 990 – ок. 1050 н. э.), создавший схему, именуемую по сию пору Гвидоной рукой (*manus Guidonis*), наглядное пособие для практической сольмизации распевов, как средство для быстрого и верного разучивания мелодий, ввёл в музыкальный обиход кроме этого и инструментальную терминологию: каждая из ступеней звукоряда Гвидо маркировалась как сочетание буквенного «ключа» – «*clavis*» и слоговых «голосов» – «*vox*», а также связал ступени звукоряда с человеческой рукой, что

стало, по видимому, в том числе и теоретической посылкой для создания клавиатур для пальцев.

Автор алхимического трактата XII века «Ключ к великому деланию» Теофил посвятил около трети объёма своего весьма внушительного труда, описывающего тонкости самых разнообразных современных ему ремёсел, постройке органа (позитива) с пневматической системой, ни разу не оговорив вопрос организации клавиатуры, что говорит нам скорее не о том, что этот вопрос был уже к тому моменту окончательно решен, а о том, что конструкция клавиатуры являлась областью импровизации. Органы-портативы и «симфонии» были современниками автора и имели разные конструкции клавиатур: первые – нажимные клавиши, вторые – подвижные ключи, как на колесной лире.

К XV веку появляются инструменты с традиционного вида органно-фортепианной клавиатурой (далее ОФК), имеющей 12 клавиш в октаве. В экспозиции Государственного Музея театрального и музыкального искусства в Санкт-Петербурге находится спинет XV века с 12-ступенной хроматической клавиатурой.

В начале XVI века Себастьян Вирдунг в своём трактате «Музыка», ссылаясь на Гвидо Аретинского, пишет о диатонических, хроматических и энгармонических органных клавиатурах, а также и о современных ему самому струнных клавишных инструментах – клавибордах, утверждая при этом, что именно клавишные инструменты, снабжённые хроматической клавиатурой с привычной для нас органно-фортепианной системой, более всех иных инструментов подходят для адекватного исполнения нотного текста. Даже учитывая тот факт, что конструкция клавиборда не позволяла использования аккордов и приспособлена была в основном к исполнению одноголосных мелодий, можно констатировать ведущую роль первых клавишных инструментов в открывшихся возможностях при освоении примитивного многоголосия.

То есть, хроматическая клавиатура, обусловленная параметрами человеческого тела, связью музыкального строя с кистью руки, обладающая собственной специфической системой, приобрела самостоятельное значение вне жёсткой связи с конструкцией «машины». Тип органно-фортепианной клавиатуры успешно адаптировался к процессам становления двенадцатиступенного равномерно-темперированного хроматического строя в многочисленных конструкциях клавишных инструментов.

В дальнейшем, вплоть до появления в конце XIX столетия нового типа хроматических клавиатур гармоник, все клавишные инструменты снабжались исключительно ОФК. Её адаптация в конструкцию портативной гармоник носила прикладной характер и касалась преимущественно таких параметров, как размеры клавиш и «шага»¹ между ними.

Кардинальное внедрение в конструкцию фортепиано предпринял венгерский пианист и инженер Пауль Янко [3], создавший принципиально новый тип хроматической клавиатуры. Ему удалось привлечь внимание современников к своему проекту, создать общество почитателей целотонной клавиатуры, изготовить ряд инструментов на базе фортепианного производства и заинтересовать пианистов, которые дали показательные концерты для публики.

Однако интересный проект не вошёл в исполнительскую практику. Так, по мнению известного ленинградского профессора-пианиста С. И. Савшинского, этому препятствовало то обстоятельство, что пианисту надо было «переучиваться, а не доучиваться» [6, с. 121]. На наш взгляд, разрыв с традициями исполнительского наследия клавишного искусства, заложенными в самой системе П. Янко, объясняет непринятие его клавиатуры сообществом музыкантов.

Не обошли своим вниманием идеи П. Янко и мастера гармоник. В первой трети XX века стали эпизодически появляться аккордеоны этой системы в трёхрядном и четырёхрядном исполнении. Аккордеонистов (в основном это

¹ Расстояние между центрами клавиш.

были любители) привлекала универсальность аппликатур в разных тональностях, что было удобно при игре популярной и народной музыки.

В то же время исторические процессы формирования хроматических клавиатур гармоник, проходившие на фоне утвердившегося равномерно-темперированного строя, привнесли в мировую культуру новые черты в музыку для клавишных инструментов. Особое место здесь принадлежит трёхрядным системам, возникшим на рубеже XIX–XX веков [3]. Внедрившиеся в академические жанры благодаря компактному размещению клавиш октавы, они обогатили палитру клавишных инструментов новыми художественно-выразительными свойствами. На интересные возможности инструмента обратили внимание композиторы, которые стали создавать оригинальные произведения, отличающиеся от других сочинений для клавишных инструментов фактурой с широко разнесёнными голосами.

В то же время заимствование ОФК в аккордеон обеспечило инструменту преемственность и быструю адаптацию в жанрах не академической музыки, таких как народно-инструментальный (фолк), джаз, поп-арт, рок, кроссовер и другие. Благодаря ОФК, он стал играть заметную роль в музыкально-эстетическом воспитании детей и юношества и в сохранении духовного наследия.

Эргономические преобразования ОФК в гармониках отличались характерными свойствами. Формировались они под влиянием не только традиционного восприятия музыкального языка, но и организацией своеобразного артикуляционного поля.

Уменьшение размеров шага клавиш было направлено на:

- создание благоприятных условий игры для детской и женской руки;
- расширение диапазона клавиатуры портативного инструмента;
- расширение круга больших интервалов, ранее недоступных исполнителю.

Отсутствие возможности продлить в штрихе легато (*legato*) звуки в аккордах до появления следующих, стимулировало развитие техники исполнения приёмов скольжения по клавишам. Для создания оптимальных условий игры аккордового легато все рёбра белых клавиш были скруглены. Для удобства игры больших интервалов торцевую часть каждой из них (у края грифа) стали выполнять в форме овала. Следует заметить, что это не было характерным для клавишных инструментов с другим звукоизвлечением. Чтобы аккордеонист не касался узких участков соседних игровых площадок при игре аккордов, некоторые изготовители стали выпиливать на рёбрах фаски.

Отметим позитивную в функционировании трёхрядных систем клавиатур возможность исполнять широко разнесённые голоса в многоголосных фактурах и интервалах, например, в две октавы – квинтдецимами; увеличение числа унифицированных аппликатур для гамм, аккордов и арпеджио (что упрощает процессы игры и обучения); значительное расширение диапазона инструмента. Эти свойства трёхрядных клавиатур внесли переосмысление в аккордеонную культуру и в контуры обновлённой парадигмы, не свойственной ранее другим клавишным инструментам.

Вместе с тем, недостатком настоящих систем явилось то, что клавиатуры не сохранили традиционную позиционную и систематическую аппликатуру пальцев и топографию их размещения, как у ОФК. Этот факт прерывает существующую преемственность и взаимосвязь между клавишными инструментами прошлого и разрушает сложившиеся алгоритмы.

Поэтому в ходе модернизации ОФК («машины») надо было добиться тех же художественно-выразительных свойств, которыми обладают трёхрядные клавиатуры, создать эргономически обоснованные адаптивные условия, при которых исполнитель смог бы эффективно реализовать полученный ранее привычный опыт организации игры [5].

Вместе с тем, целью преобразования ОФК в условиях аккордеонно-баянной культуры являлась необходимость функционально вывести её на

соответствующие параметры художественной парадигмы, необходимость перенести в её информационное поле позитивные функциональные свойства, несомые компактными трёхрядными клавиатурами.

Экспертиза информационных каналов хроматических систем ОФК и трёхрядных систем аккордеона показала, что их функциональное соответствие в поле эволюции типов клавиатур находится на удовлетворительном уровне. Попутно, в ходе изучения информационных «машин» выяснился общий для обоих устройств неэффективный тормозящий элемент в организации алгоритмической линейки процессов звукоизвлечения. Им явилась устаревшая форма клавиш и ступенчатое размещение их рядов на клавиатурных щитах.

Решение, обеспечивающее доступ к нереализованным акустическим и артикуляционным свойствам, было найдено в модернизации ОФК, осуществлённой в 1981 году соавтором настоящей статьи Н. А. Кравцовым [4]. Апробация результатов исследования устройства показала, что форма клавиш в виде выпуклых многогранников и с размещением их рядов в одной плоскости обеспечивает успешное функционирование информационных каналов, что существенно расширяет контуры звуковой парадигмы инструмента (ил. 1 и 2).



Ил. 1. Фрагмент клавишной системы Н. А. Кравцова (КСК)
с клавишами в форме выпуклого многогранника



Ил. 2. Фрагмент трёхрядной клавиатуры типа «B-Griff»
с клавишами в форме выпуклого многогранника

Кроме этих результатов, исследование выявило, что:

– современная клавиша является важным функциональным элементом в различных клавиатурных устройствах, а её информативное поле органично формируется по законам эргономической СЧМ и запросам аккордеонной музыкальной культуры;

– процесс совершенствования форм клавиш современных типов клавиатур обуславливается меняющимися требованиями к их художественно-игровым свойствам;

– форма её игровой площадки трансформируется во взаимосвязи с акустическими особенностями звукообразования и расширяющейся палитрой артикуляционных средств инструмента;

– возникающая модификация клавиш различных хроматических клавиатурных систем аккордеона подчиняется его единой специфике алгоритмов звукообразования;

– функция клавиши в аккордеонных хроматических клавиатурных системах определяется понятием универсализм эргономической СЧМ, который обеспечивается её трёхобъёмной выпуклой формой, которая позволяет полноценно раскрыть комплекс художественно-выразительных свойств, заложенных в акустической природе инструмента.

Анализируя эволюцию клавиатур клавишных инструментов, обнаруживается их тесная связь с историческим развитием мировой музыкальной культуры, антропологическим различием исполнителей и акустической спецификой звукообразования инструментов.

Клавиатура как устройство в понятии эргономической СЧМ в отличие от других технических систем характеризуется рядом вносимых в неё свойств, присущих исполнительской деятельности человека. Это «универсализм, адаптивность, помехоустойчивость и резервирование» [1, с. 22].

Универсализм проявляется в том, что исполнитель может использовать поновому свойства системы и применять её для решения других задач, которые не

планировались при проектировании. Так, в КСК при сжатии площади октавы, вытесненные участки белых клавиш, как элемент, обеспечили широкий круг унифицированных аппликатур базовых технических формул, которые не предусматривались ранее. Стали возможными новые виды для клавишных инструментов глоссандо.

Адаптивность подразумевает расширение диапазона приспособляемости системы к меняющимся условиям её функционирования, которая осуществлялась двумя путями. Один путь насыщен изменениями алгоритмов системы, другой – изменениями характеристик системы по отношению к входным сигналам. Настоящее свойство – разновидность ОФК (КСК) – было обеспечено изменением форм клавиш ОФК в многогранник и размещением клавиш 12-ти ступеней хроматического звукоряда на одном уровне.

Помехоустойчивость осуществляется благодаря существующим у человека информационным каналам с разными психолого-физиологическими механизмами (зрение, осязание и т. д.). Они позволяют использование дублирующего восприятия для повышения помехоустойчивости и помехозащищённости систем. У ОФК и КСК этому служат формы клавиш и их окраска в чёрные и белые цвета.

Резервирование у устойчивого исполнителя возможно в широких пределах и связано с особенностью резервирования у него возможности компенсации непредусмотренных отказов, действия которых заранее неизвестны.

Хорошо обученный, эмоционально устойчивый исполнитель контролирует исполнительский процесс и ликвидирует сбои в работе с системой, повышая тем самым уровень надёжности СЧМ.

Сегодня мы всё явственнее замечаем органическую и логически выстроенную связь между инструментальной культурой клавишных инструментов и основополагающими положениями современной науки эргономики.

Литература

1. Введение в эргономику / под ред. В. П. Зинченко. М.: Сов. радио, 1974. 352 с.
2. Герцман Е. В. Античное музыкальное мышление. М.: Музыка, 1986. 224 с.
3. Кравцов Н. А. Классификация систем хроматических клавиатур клавишных музыкальных инструментов // Вестник Академии Русского балета им. А. Я. Вагановой. 2020. № 69 (4). С. 96–110.
4. Кравцов Н. А. Усовершенствование органно-фортепианной клавиатуры аккордеона и назревшие проблемы гармонно-баянного исполнительства: дис. ... канд. искусствоведения: 17.00.02 / ЛГИТМиК. Л., 1982. 223 с.
5. Кравцов Н. А. Эргономика в органно-фортепианной клавиатуре аккордеона // Временник Зубовского института. 2020. № 3. С. 80–93.
6. Савшинский С. И. Пианист и его работа. М.: Классика-XXI, 2002. 239 с.: ноты. (Секреты фортепианного мастерства).

References

1. *Vvedenie v jergonomiku* [Introduction to Ergonomics]. Edited by V. P. Zinchenko. Moscow: Sov. radio, 1974. 352 p.
2. Gercman E. V. *Antichnoe muzykal'noe myshlenie* [Antique Music Thinking]. Moscow: Muzyka, 1986. 224 p.
3. Kravcov N. A. Klassifikacija sistem hromaticeskikh klaviatur klavishnyh muzykal'nyh instrumentov [Classification of Chromatic Keyboards Systems of Keyboard Music Instruments]. *Vestnik Akademii Russkogo baleta im. A. Ja. Vaganovoj* [Bulletin of the Vaganova Ballet Academy]. 2020. No. 69 (4), pp. 96–110.
4. Kravcov N. A. *Usovershenstvovanie organno-fortepeiannoj klaviatury akkordeona i nazrevshie problemy garmonno-bajannogo ispolnitel'stva: dis. ... kand. iskusstvovedenija: 17.00.02* [Improvement of the Organ and Piano Accordion Keyboard and the Pressing Issues of the Diatonic Button Accordion and Chromatic Button Accordion Performance. Ph. D. Thesis by the Ph. D. in Art History: 17.00.02]. Russian State Institute of Performing Arts. Leningrad, 1982. 223 p.
5. Kravcov N. A. *Jergonomika v organno-fortepeiannoj klaviature akkordeona* [The Ergonomics of the Accordion Keyboard]. *Vremennik Zubovskogo instituta* [Annals of the Zubov Institute]. 2020. No. 3, pp. 80–93.
6. Savshinskij S. I. *Pianist i ego rabota* [A Pianist and His Work]. Moscow: Klassika-XXI, 2002. 239 p. (Secrets of Piano Mastery).