

Федеральное агентство
по техническому регулированию
и метрологии

Российская академия наук
Русская выставочная компания
"ЭКСПОДИЗАЙН"

Сборник научных трудов



Лаборатория **Экспо-2008**

Москва
2008

В. А. Мухоморов, А. А. Мухоморова, А. А. Мухоморов, А. А. Мухоморова
Институт физики твердого тела РАН

Доклады

**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ
И УСТРОЙСТВА**

В. А. Мухоморов, А. А. Мухоморова, А. А. Мухоморов, А. А. Мухоморова
Институт физики твердого тела РАН

В. А. Мухоморов, А. А. Мухоморова, А. А. Мухоморов, А. А. Мухоморова
Институт физики твердого тела РАН

Организатор:
Институт физики твердого тела РАН

Новые материалы для реставрации старинных музыкальных инструментов

Б.Б. Страумал, д.ф.-м.н., А.А. Мазилкин, к.ф.-м.н., А.Е. Шотанов, бкл.,
Институт физики твердого тела РАН
А. Аслунд, мгр., Университет Гётеборга, Факультет изящных и прикладных
искусств, Гётеборгский центр органного искусства
Я. Калининш, бкл., Органная мастерская Угалэ, Мацитаймуиза

В Европе сохранилось более 10 000 органов, созданных до начала XX столетия. Есть они и в России, хотя и не в таком количестве. Все это время изготовление органов находилось в руках небольших семейных предприятий, где производственные секреты передавались изустно из поколения в поколение. В истории, однако, было два периода, когда технология изготовления органов резко изменялась. Первый такой рубеж — это конец XVIII — начало XIX вв., время первой индустриализации. В это время технологии производства разнообразных материалов претерпели сильные изменения. Потребность промышленности в металлах резко возросла, производство металлов увеличилось в сотни и тысячи раз, а их цена, наоборот, упала. Появились и распространились новые технологии выплавки и очистки металлов, их механической (прокатка, штамповка) и термической обработки. Производители органов — вместе со всей промышленностью — вынуждены были перейти на новые материалы, но производственные приемы еще долго, в течение всего XIX в., сохранялись. Второй рубеж — это начало XX вв., когда возникло крупное конвейерное производство. Органы тоже стали делать на крупных фабриках, одна из которых и до сих пор находится в Рочестере (США). Она была основана фирмой Кодак, поставлявшей комплекты оборудования для кинотеатров. В эпоху немого кино вместе с кинопроектором поставляли и музыкальный инструмент для звукового сопровождения “фильмы”.

В конце XX века музыкальное сообщество и профессиональные производители и реставраторы органов пришли к выводу, что звучание старых инструментов, созданных до всех этих событий, а именно — в XVIII, XVII вв., сильно отличается от звучания более поздних органов. Поэтому адекватно исполнить музыку Баха, Букстехуде и более ранних композиторов можно только на инструментах с “правильным” набором труб и соответствующим звуком. А звучание органов эпохи барокко отличается от звучания более поздних инструментов не меньше, чем звук клавирина от звука концертного рояля. При этом старый орган невозможно взять с собой в концертное турне, как скрипку Страдивари или альт Амати. Звук старых органов можно услышать только на месте, то есть в тех костелах и кирхах, где они были установлены в XVIII в. и ранее. Поэтому для органных мастеров возникли две важные рыночные ниши: (а) бережная реставрация старых органов, с сохранением их прежнего звучания, и (б) создание новых органов, которые звучали бы также, как инструменты эпохи барокко. Прежде всего

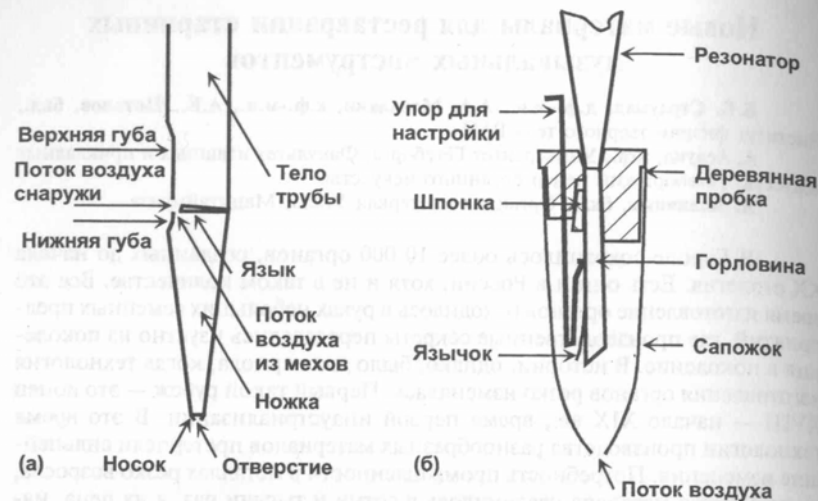


Рис. 1. Схема устройства (а) лабиальных (безязычковых) и (б) язычковых органных труб

для этого нужно было восстановить технологию производства материалов для органов такими, какими эти материалы были в XVIII в. и ранее. Хотя в конце XVIII в. и появилась своеобразная энциклопедия органного мастерства, написанная францисканским монахом Дом Бедосом [1], но все же значительная часть технологических традиций передавалась в семьях органных мастеров изустно, и была утеряна. Поэтому восстановление традиционных технологий требует специальных материаловедческих исследований.

В исторических органах присутствуют два типа труб: лабиальные (безязычковые) и язычковые трубы (рис. 1). Лабиальные трубы (рис. 1а) составляют большинство (около 80%) труб в органе. Они не содержат подвижных деталей. Лабиальные трубы изготовлены обычно из сплавов олова со свинцом (это наиболее крупные трубы на фасаде органа) или свинца с оловом (трубы меньшего размера, с более высоким звуком, находятся внутри органа и не видны за его фасадом). В лабиальной трубе (рис. 1а) звук возникает в результате удара воздушной струи о нижнюю и верхнюю губу так называемого “ротика” (лабиума), разреза в нижней части трубы. Трение воздушной струи об этот край разреза производит свист, который можно слышать, если отделить трубу от ее мунштука. Труба служит резонатором, она выделяет и усиливает соответствующий ее размерам один из многочисленных тонов, входящих в состав этого сложного свиста.

Язычковые трубы (рис. 1б), кроме резонатора из такого же свинцово-оловянного сплава, как лабиальные трубы, содержат еще и очень важный элемент — колеблющуюся под напором воздуха упругую пластинку — латунный язычок. Именно этот язычок и издает звуки в широком интервале

частот. Стоячие волны образуются вдуванием воздуха через особое отверстие, прикрываемое язычком, который при этом колеблется. Резонатор язычковой трубы служит своего рода акустическим фильтром, который избирательно усиливает или ослабляет частоты звукового потока от язычка. Звучание язычковых труб намного богаче обертонами, чем звук лабиальных труб. Язычковые трубы составляют обычно не более 20% всего набора труб в органе. Старые органные мастера сравнивали их звук с приправами к блюдам в кулинарном искусстве. Язычковые регистры делают звучание органа богаче и “острее”. Из медного сплава изготовлены и т.н. горловины. И если задача восстановления свинцово-оловянных сплавов для резонаторов была успешно решена к началу XXI столетия, то получение медных сплавов для язычков и горловин оставалось вызовом для материаловедов вплоть до самых последних лет.

Исследование исторических образцов предполагает крайне бережное к ним отношение. Язычки и горловины, временно изъятые для анализа, необходимо вернуть затем на их место в органах. Поэтому методы исследования должны быть неповреждающими. В самом крайнем случае можно было осторожно отполировать небольшой участок поверхности язычка в нерабочей части, которая не участвует в звуковых колебаниях и находится позади настроечного латунного упора. В очень редких случаях можно было отрезать от этого участка совсем крохотный кусочек для анализа. Только в церкви в Угалэ (Латвия) удалось найти несколько полностью непригодных к восстановлению язычков. Из них удалось вырезать образцы для структурных исследований с помощью просвечивающей электронной микроскопии, в том числе — высокого разрешения (микроскоп JEM-4000FX). Морфология поверхности язычков и горловин была изучена с помощью

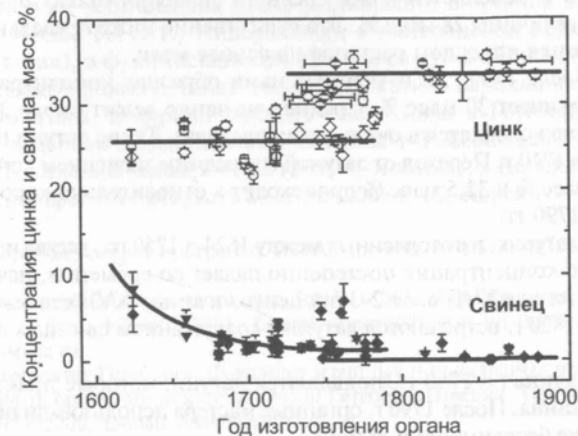


Рис. 2. Концентрация цинка и свинца в изученных исторических латунях в зависимости от года изготовления органа

оптической микроскопии (ОМ) (микроскоп Neophot, оборудованный цифровой фотокамерой Canon 6 Мпк), и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ, JSM 25S). Микроструктура сплавов после осторожной шлифовки и полировки на алмазных пастах зернистостью 6, 3 и 1 мкм изучалась с помощью ОМ и СЭМ. Состав исторических латуней определяли с помощью локального рентгеновского электроннозондового микроанализа, масс-спектропии вторичных ионов (ВИМС, Cameca IMS-4f), химического анализа (оптическая эмиссионная спектроскопия), а также по изменению периода решетки с помощью дифракции рентгеновских лучей (дифрактометр SIEMENS-500).

Нам удалось проанализировать состав и структуру латунных язычков и горловин из исторических органов девяти стран: Бельгии, Великобритании, Германии, Италии, Латвии, Литвы, Нидерландов, Франции и Швеции. Эти органы были созданы в интервале от 1624 до 1889 гг. Полученные результаты показывают, что исторические латуни для язычков и горловин содержат три основных компонента: 70–78 масс.% меди, 22–32 масс.% цинка и 0,05–4 масс.% свинца. Все остальные элементы присутствуют в незначительных количествах. Даже в самых старых сплавах XVII в. суммарная концентрация остальных элементов не превышает одного процента, полупроцента — в XVIII в., и еще меньше — в XIX веке. Все изученные язычки и горловины представляют собой альфа-латунь, то есть твердый раствор цинка в меди. Свинец совершенно нерастворим в твердой меди и присутствует в сплавах в виде изолированных частиц разной формы. На рис. 2 показано, как изменяются концентрации цинка и свинца в изученных латунях в зависимости от года изготовления органа. Из рис. 2 хорошо видно, что:

1. Между 1624 и 1790 гг. концентрация цинка остается удивительно постоянной и колеблется возле среднего значения около 26 масс.%, не превышая величины 28 масс.%. Это существенно ниже предельной растворимости цинка в твердом растворе на основе меди.

2. После 1790 г. в изученных нами образцах концентрация цинка всегда превышает 30 масс.%. Среднее значение лежит около 32,5 масс.% цинка и тоже колеблется в очень узких пределах. Такие латуни появляются примерно в 1740 г. Переход от латуней со средним значением концентрации цинка 26 масс.% к 32,5 масс.% происходит в относительно короткое время с 1740 по 1790 гг.

3. В латунях, изготовленных между 1624 и 1750 гг., всегда присутствует свинец. Его концентрация постепенно падает со временем, начиная от 7–8 масс.% в начале XVII в. до 2–3 процентов к концу XVII столетия. Однако еще около 1820 г. встречаются латуни с содержанием свинца в пределах 1–2 масс.%.

4. Начиная с 1750 г., появляются латуни, которые практически не содержат свинца. После 1790 г. органические мастера использовали практически только такие бессвинцовые латуни.

Указанные изменения в концентрации свинца и цинка между 1740 и 1790 гг. практически не зависят от географического происхождения образ-

цов из разных регионов Европы. Между 1740 и 1790 гг. можно найти все четыре сочетания концентраций свинца и цинка: (а) мало цинка — много свинца, (б) много цинка — мало свинца, (в) мало цинка — мало свинца и (г) много цинка — много свинца.

Выводы

1. Для адекватной реставрации языков и горловин в органах, произведенных до 1760 г., следует использовать латунь с содержанием 24–26 масс.% цинка и 1–3 масс.% свинца (органическая латунь 1). Независимо от причины, почему свинец присутствует в старых латунях, его концентрацией до 1760 г. нельзя пренебречь. Свинец существенно изменяет механические свойства латуни и, если придерживаться концепции точного восстановления исторических материалов, его обязательно нужно добавлять в латунь, имитирующую материал XVII – начала XVIII вв.

2. Если орган изготовлен после 1800 г., для его адекватной реставрации следует использовать бессвинцовые латуни с содержанием цинка 28–31 масс.% (органическая латунь 2).

3. В переходный период между 1760 и 1800 гг. возможны все четыре комбинации концентраций цинка и свинца (как отмечалось выше). Для этого периода наивысшего расцвета стиля Барокко необходимы дополнительные исследования, которые позволят пролить свет на распространение в Европе латуней разного состава.

4. Все остальные элементы, такие как олово, железо и серебро, встречаются в исторических латунях в незначительных количествах и не влияют на свойства латуней. Поэтому нет необходимости добавлять их в новые сплавы для реставрации.

Язычки из сплавов, изготовленных на основе полученных нами результатов, уже установлены после реставрации в органах в церкви св. Магнуса в Анлоо (1719 г., Нидерланды), в лютеранской церкви в Ёгалэ (1701 г., Латвия), в францисканском костеле св. Духа в Вильнюсе (1703 г., Литва), а также в новых органах, созданных в стиле Барокко по воссозданным технологиям, в церкви Оргрите Ниа Кирка в Гётеборге (2001 г., Швеция), в церкви кальвинистской общины в Райсене (2006 г., Нидерланды), в Токийском университете (2005 г., Япония), в Корейском национальном университете искусств в Сеуле (2006 г. Ю. Корея).

Авторы благодарят программу INTAS (проект 05-1000008-8120)

Институт физики твердого тела РАН, 142432 Черноголовка, Россия, тел. +74965221111, факс +74965249701, E-mail straumal@issp.ac.ru, mazilkin@issp.ac.ru, shotanov@issp.ac.ru

Университет Гётеборга, Факультет изящных и прикладных искусств, Гётеборгский центр органного искусства, 40530 Гётеборг, Швеция. Тел. +46317735201, факс +46317735200, E-mail Aaslund@hsm.gu.se

Органная мастерская Угалэ, Мацитаймуиза, 3615 Угалэ, Латвия. Тел./Факс +37163662312, E-mail janis.kalnins@fix.lv