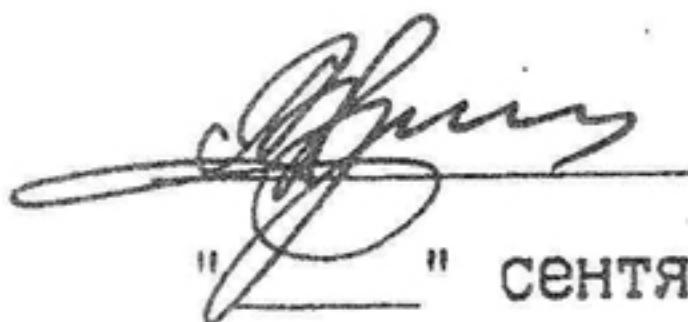


"УТВЕРЖДАЮ"

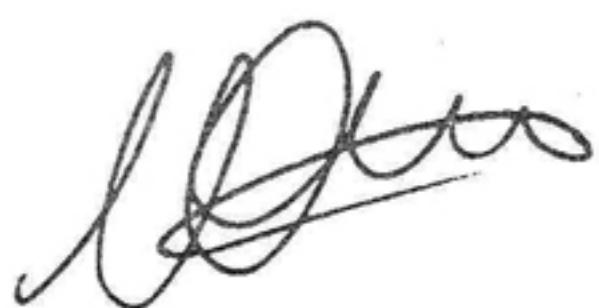
Зам. коменданта
Московского Кремля
полковник

 В. П. Горелов
" " сентября 1996г.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОЗРОЖДЕНИЮ КУРАНТОВ
СПАССКОЙ БАШНИ МОСКОВСКОГО КРЕМЛЯ

Отчет по работе по Договору 31/95 от 2 октября 1995г.

Отв. исполнитель
директор ИЧП "Стройэкология"
к. т. н. Ю. К. Жебелев



3. Конструкция возрожденных курантов.

При возрождении курантов, насколько было возможно, использовались исторические механизмы и элементы часов и, главное, исторически сложившаяся кинематическая схема курантов. В дополнение к прежним курантам использовался электрический привод для вращения музыкального барабана (см. ниже раздел 4) и вместо колоколов плоские била (см. раздел 5).

Выбор в качестве источников звука плоских бил был предопределен рядом факторов. Во-первых, положительный опыт создания били курантов с билами.

Во-вторых, как оказалось, била по своим акустическим свойствам не уступают традиционным колоколам (см. раздел 5). Громкость их звучания такая же, как у колоколов Спасской башни, вызывающих четверти.

В третьих, путем механической обработки бил можно было добиться с точностью до нескольких центов требуемого по исполнимой мелодии основного тона звучания била.

В четвертых, количество призвуков у бил меньше, чем у церковных колоколов (Наличие у колоколов обертонов с интервалом терция, квинта и т. д. является признаком благозвучного колокола. С другой стороны, эти обERTоны примешиваются к основному тону колокола и мешают точному исполнению требуемых звуков.), что позволяет на билах точнее воспроизводить авторскую элодию.

В пятых, по добротности, или продолжительности звучания, била не уступают церковным колоколам.

Кроме того, по своему весу била в 100 раз легче колоколов

с соответствующим основным тоном звучания. А это означает, что при использовании бил будет меньшая статическая нагрузка на Спасскую башню, меньшее вибровоздействие при звонах. Из справок, приведенных ниже в Приложении к отчету, видно, что реализация курантов на колоколах потребовала бы отливки колоколов общим весом около 16 тонн, что приведет к большим трудностям по размещению этих колоколов на башне и значительной, опасной для памятника архитектуры, вибрации.

Отливка двенадцати колоколов общим весом 16 тонн потребовала бы также длительного времени и огромных средств.

Главной частью курантов является музыкальный барабан, приводимый во вращение электродвигателем. На поверхности барабана в определенной последовательности (это программа, задаваемая исполняемой мелодией) закреплены специально изготовленные колки (см. рис. 3.1-3.2). При вращении барабана колки проходят мимо гребенки с рычагами (см. рис. 3.3), происходит зацеп. рычага колком, рычаг отклоняется и с помощью вертикально натянутого стального троса воздействует на "гуси" (см. рис. 3.4), которые установлены этажом выше, на звоннице. Поворачиваясь вокруг своей оси, "гуси" с помощью горизонтально натянутого троса отклоняют молотки на 20-30 градусов от вертикального положения равновесия (рис. 3.4). Далее при свободном возврате молотков к положению равновесия они по инерции проскаивают это положение и ударяют в било. Удар молотка возбуждает собственные упругие изгибные колебания плоской пластины (била), которая излучает в окружающее пространство звуковые волны.

Молотки сделаны из стали, их вес около 10 кг. Рычаг молотка около 500-600 мм.

5. Акустические характеристики бил.

Благозвучие колоколов и бил обычно оценивается музыкантами и звонарями субъективно. Не оспаривая такой подход к оценке колоколов и бил, а исключительно в помощь или в дополнение к субъективной оценке приведем некоторые характеристики бил, изготовленных для курантов, которые были определены инструментально.

Звучание колоколов и бил характеризуется громкостью звука (звуковым давлением), продолжительностью звука (добротностью излучателя), основным тоном (прима) и окраской звучания, привносимой обертонами. Количественно характеристику обертона можно описать интервалом d , который вычисляется, как отношение частоты обертона - f_j к частоте основного тона (прима) - $f_{\text{прима}}$:

$$d = f_j / f_{\text{прима}}$$

В колокольном звучании, признанным специалистами благозвучным, присутствуют следующие обертона: обертон нижней октавы, отличающийся от примы вдвое меньшей частотой звучания, обертон "терция" с интервалом 300 \div 400 центов; обертон "квинта" с интервалом 600 \div 770 центов; обертон верхней октавы с интервалом 1200 центов.

История создания колоколов показала, что получить идеальные соотношения частот обертонов удается не так уж часто. Именно поэтому колокола имеющие обертона с нужными интервалами относительно примы особо ценны как в музыкальном, так и в историческом аспекте. Современные технологии литья и последующей доводки колоколов в сочетании с математическими методами про-

показаны сигналы записи звукового давления бил и спектрограммы этих сигналов с таблицами основных спектральных максимумов, причем для удобства при чтении рисунки расположены попарно: на рисунках с четными номерами показаны сигналы звучания бил, а за следующих за ними рисунках с нечетными номерами представлены их спектрограммы.

Из записей звукового давления видно, что по громкости звука изготовленные била ничем не уступают колоколам Спасской башни.

Эти записи показывают также, что и добротность (продолжительность звучания) бил не хуже, чем у колоколов.

Но самое важное то, с какой высокой точностью основной тон бил соответствует тонам равномерно темперированной гаммы. Из таблиц видно, что отклонения составляют несколько центов и не превышают порога слышимости человека.

Из спектров также видно, что за исключением обертонов, отстоящих от основного тона на октаву вниз и вверх, все многочисленные призвуки, возбужденные в момент удара молотка, очень быстро затухают. Такой характер звучания била естественно способствует более точному воспроизведению авторской мелодии.

Отметим еще ряд преимуществ бил перед колоколами, которые имеют практическое значение.

Во-первых, била изготовлены из акустической латуни, которая дешевле колокольной бронзы.

Во-вторых, как видно из таблицы, вес бил в 50-100 раз меньше веса колокола того же основного тона. Суммарный вес бил-курантов составляет 498 кг, в то время как вес соответствующих по тону колоколов составляет 16 тонн (см. справку). Отсюда и

кономия средств для возрождения курантов, и меньшая нагрузка на башню, и меньшее вибровоздействие на нее при звонах..

Немаловажно, что были просты в расчете и изготовлении. Обычное фрезерование позволяет подогнать тона звучания бил и достичь точности звучания ноты в пределах нескольких единиц центов по основному тону. Таким образом, применение бил существенно облегчает и ускоряет настройку курантов для исполнения любой мелодии.

Можно считать, что изготовленные для курантов Спасской башни плоские были позволили решить вопрос о возрождении курантов в кратчайшие сроки и, с акустической точки зрения, на очень качественном уровне.

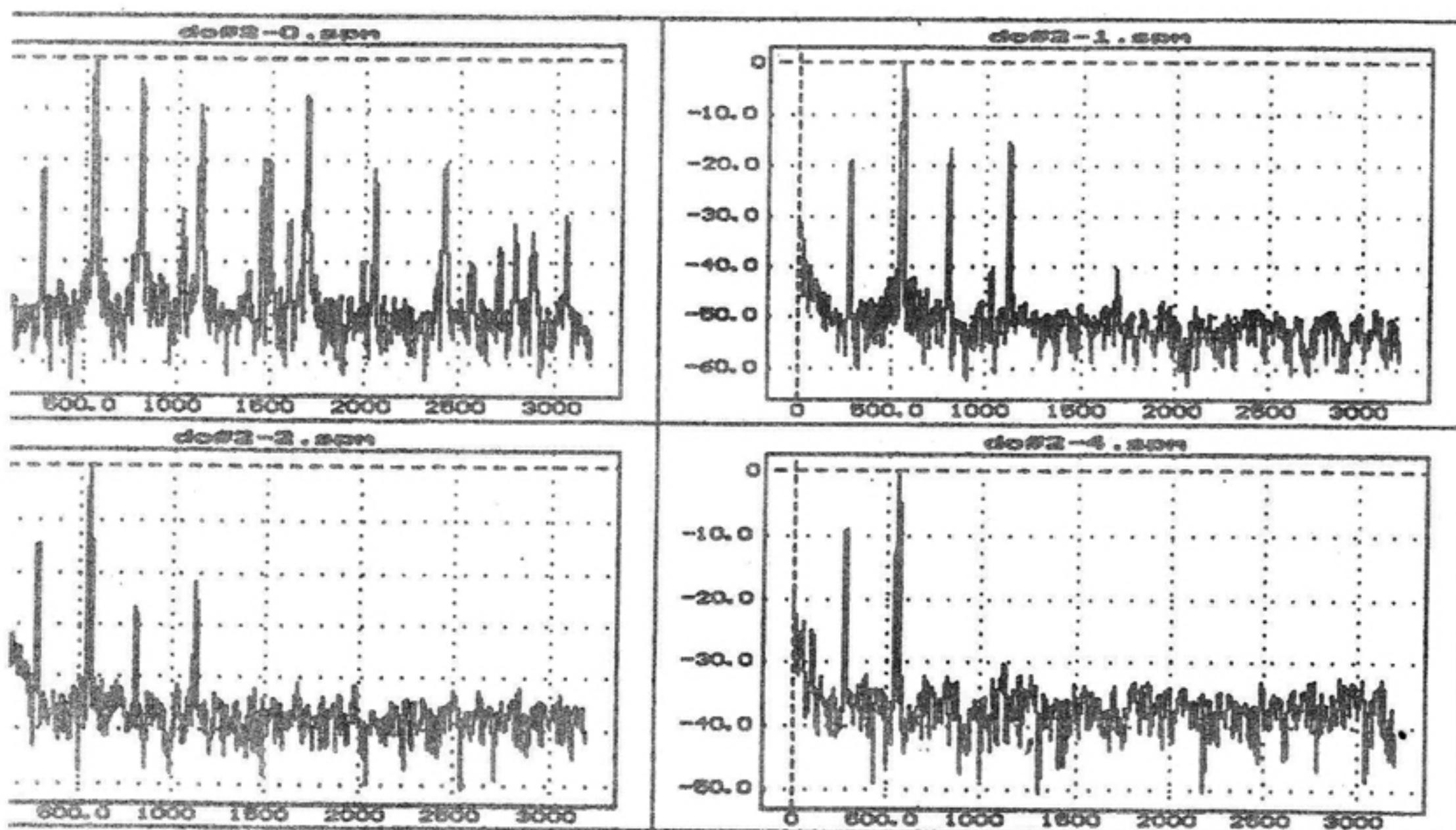


Рис. 5.3.

Спектральный состав звучания била До# в момент удара,
через 1,2 и 4 секунды.

Спектр. макс. Гц	Тон	Октава	Отклонение цент	Интервал
277	До#	1	-1,1	н. октава
552,5	До#	2	-5,8	прима
802	Соль	2	+39	квинта
1122	До#	3	+20	в. октава

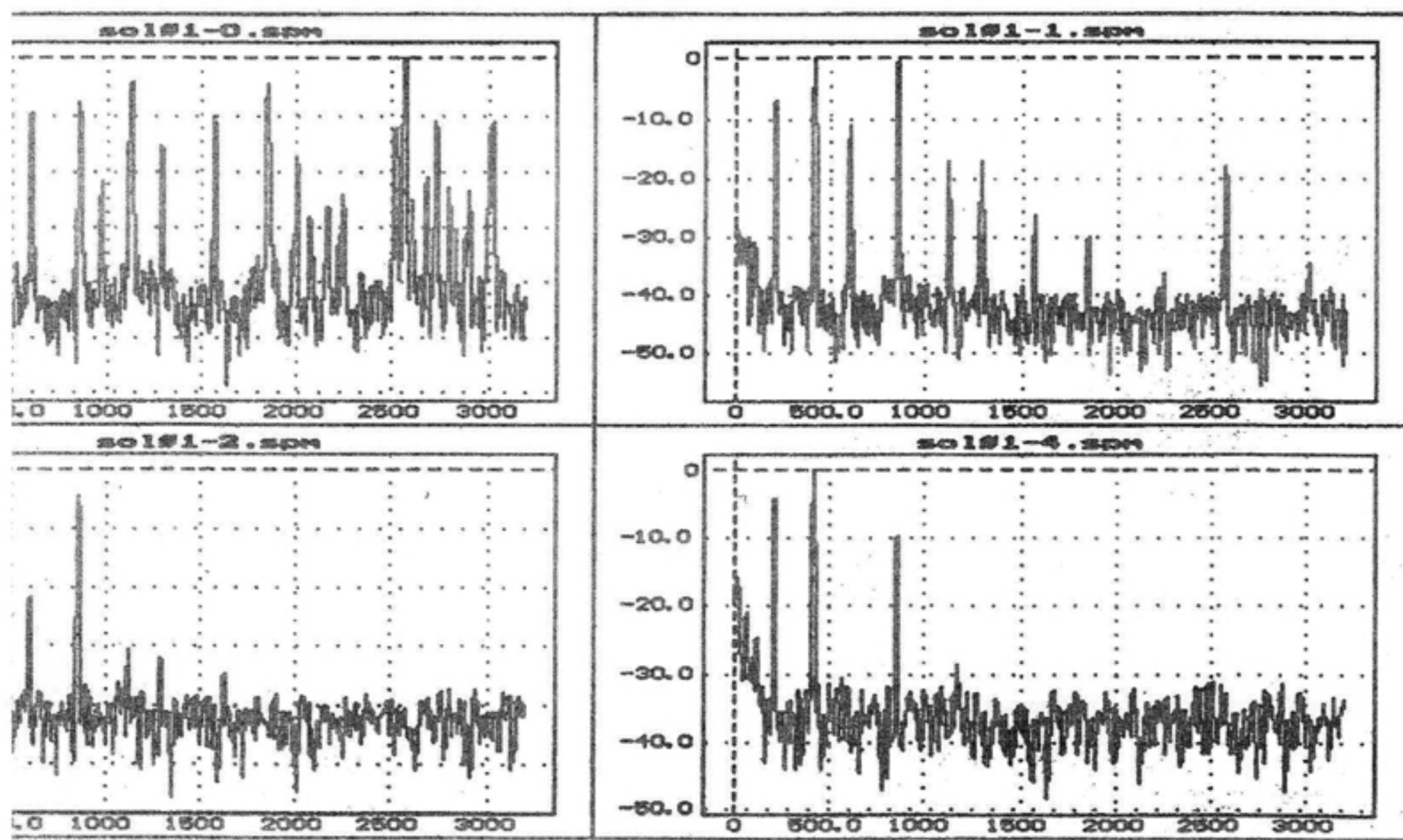


Рис. 5.5.

спектральный состав звучания била Соль# в момент удара,
через 1, 2 и 4 секунды.

спектр. макс. Гц	Тон	Октава	Отклонение цент	Интервал
208	Соль#	М. ОКТА	+3, 3	
416	Соль#	1	+2, 9	Н. октава
602	Ре#	2	-57, 3	прима
854, 5	Соль#	2	+49	квинта
				В. октава

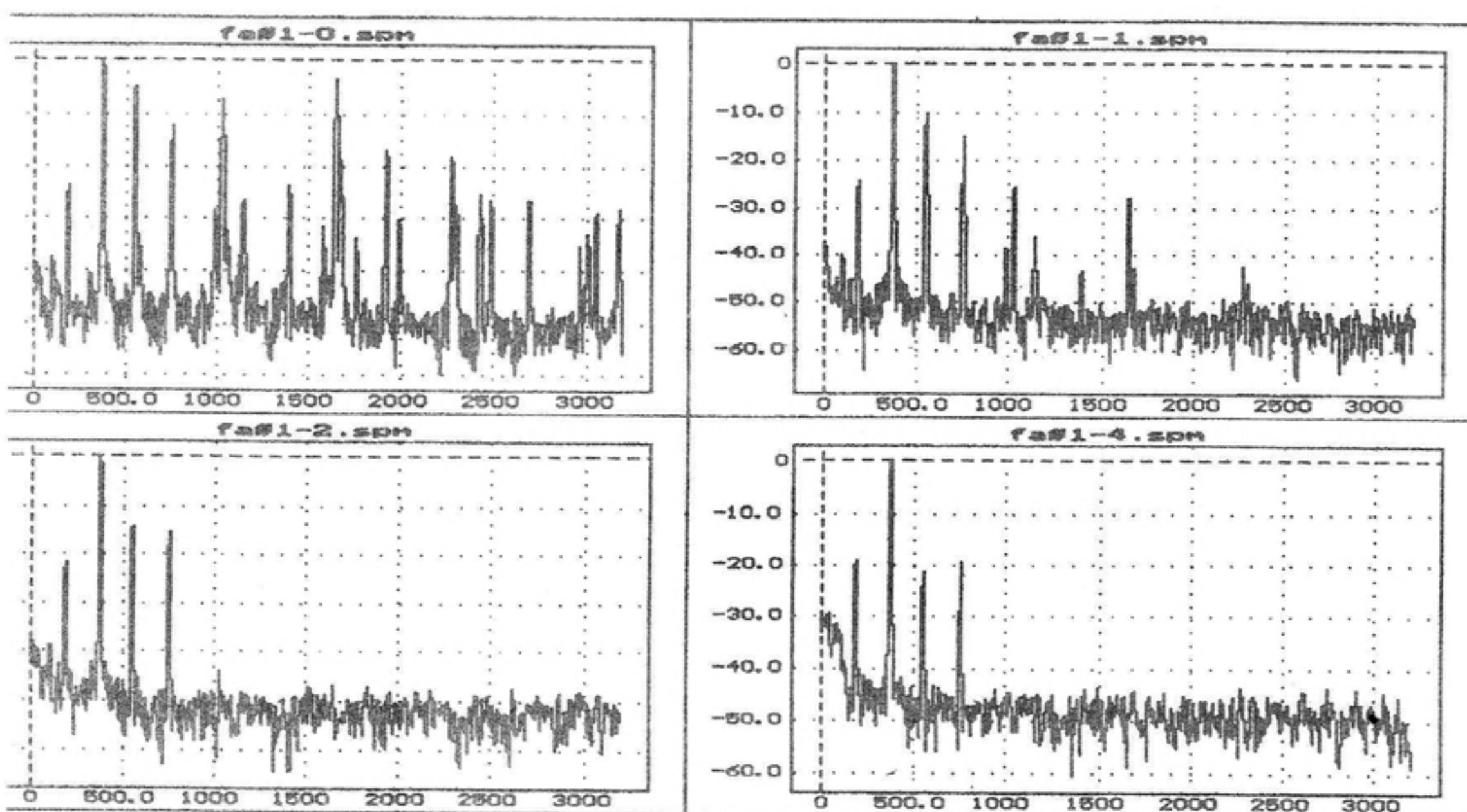


Рис. 5.24.

Спектральный состав звучания била Фа# в момент удара,
через 1, 2 и 4 секунды.

Спектр. макс. Гц	Тон	Октава	Отклонение центр	Интервал
185	Фа#	М. ОКТ	+2, 8	
371	Фа#	1	+4, 7	
548, 5	До#	2	-18, 4	
752	Фа#	2	+28	Н. октава прима квинта Н. октава

Заключение

- . В соответствии с техническим заданием к договору № 31/95 от октября 1995г. на Спасской башне Кремля изготовлен и смонтирован механизм курантов.
- .1. Кинематическая схема курантов соответствует исторической за исключением дополнительно введенного электрического привода музыкального барабана.
- .2. Разработана и изготовлена электрическая схема автоматики, обеспечивающая исполнение мелодий в 3, 6, 9 и 12 часов.
- .1. Для барабана специально изготовлены новые стальные колки.
- .5. Куранты смонтированы на двух стапелях и состоят из 12 плоских колоколов (бил), изготовленных из акустической латуни.
- .3. Основные тона звучания бил (тона прима):
- | | | |
|-----------------|--------------|----------------|
| Соль# (М. окт.) | До# (1 окт.) | Соль# (1 окт.) |
| Ля# (М. окт.) | Ре# (1 окт.) | Ля# (1 окт.) |
| Си (М. окт.) | Ми# (1 окт.) | Си (1 окт.) |
| До (1 окт.) | Фа# (1 окт.) | До# (2 окт.) |
- .7. Согласно проведенным исследованиям спектральных характеристик бил тона прима отклоняются от тонов равномерно темперированной гаммы не более, чем на 10 центов.
- .8. Высота звучания бил соответствует высоте звучания четвертых колоколов Спасской башни.
- .9. Добротность бил (продолжительность звучания) не хуже традиционных церковных колоколов.
- .10. По громкости звучания била не уступают традиционным цер-

ковным колоколам. Интенсивность звучания был на Красной площа-ди соответствует интенсивности звука часового колокола.

11. На музыкальном барабане посредством колков набрано две ме-лодии М.И.Глинки "Славься" и "Патриотическая песня" (Гимн Рос-сии).

12. Мелодия "Славься" исполняется в тональности До# Мажор, Гимн России в тональности Фа# Мажор.

13. Каждая мелодия исполняется в течение 24 секунд.

14. Обе мелодии исполняются с подголосками.

Коменданту Московского Кремля,
генерал-майору С.В.СТРЫГИНУ

Многоуважаемый Сергей Васильевич!

Руководитель работ по реставрации курантов часов Спасской башни Юрий Кириллович Жебелев обратился к нам с просьбой дать оценку воспроизведения курантами мелодий М.И.Глинки "Славься" и "Патриотической песни".

Прослушав исполняемые мелодии на Лобном месте Красной площади 3-го сентября 1996 года, считаем, что:

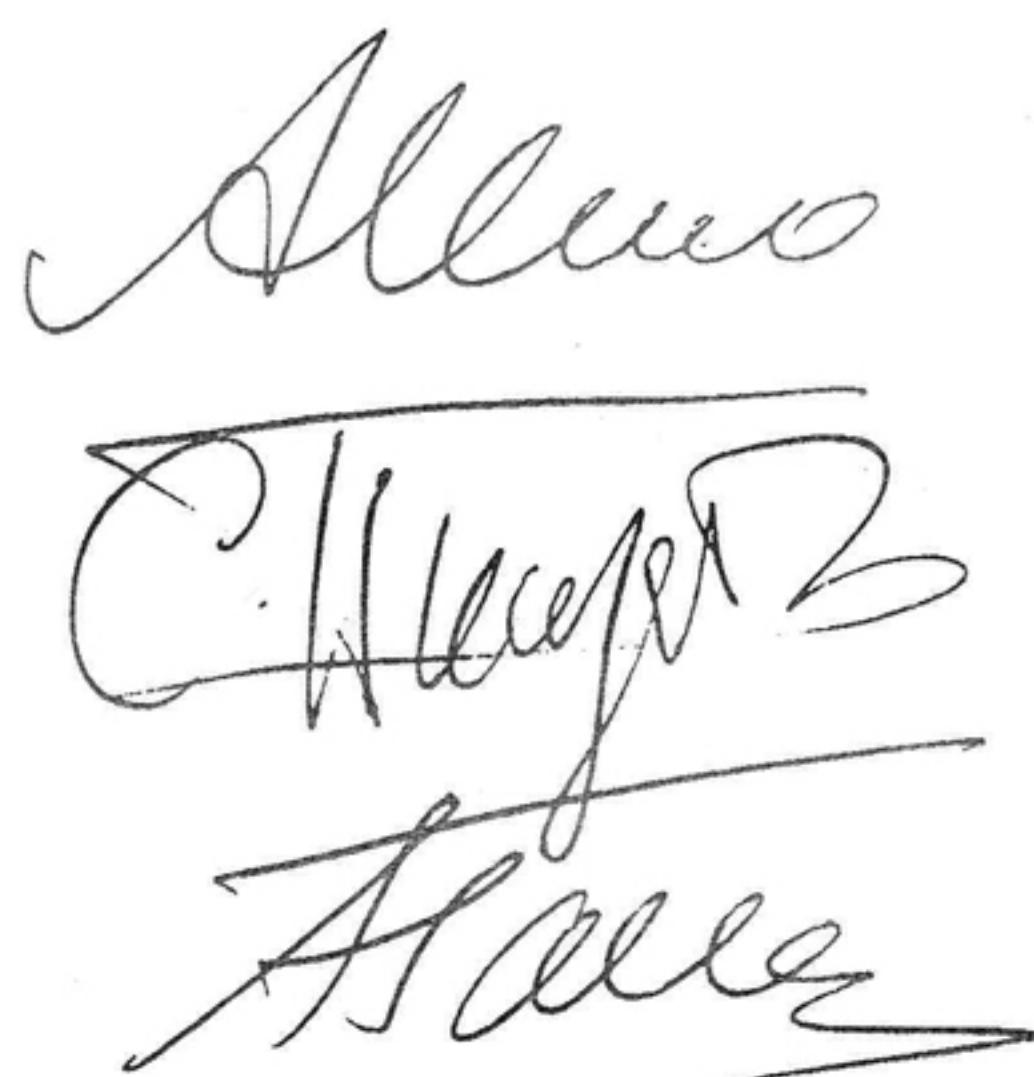
1. Удачно подобраны тональности исполняемых мелодий.
2. Мелодии хорошо сочетаются с основным тоном часового колокола.
3. Мягкое, но достаточно мощное звучание курантов хорошо гармонирует с архитектурой и масштабом Красной площади.
4. Профессионально решена проблема сочетания голосов.
5. Желательно несколько ускорить темп воспроизведения мелодий.

В целом работа по возрождению курантов Спасской башни Московского Кремля заслуживает одобрения.

С уважением,

участники Государственного квартета имени Шостаковича

Андрей ШИШЛОВ,
Народный артист России,
лауреат Государственной премии России,
профессор Московской консерватории



Сергей ПИЩУГИН,
Народный артист России,
лауреат Государственной премии России,
доцент Московской консерватории

Александр ГАЛКОВСКИЙ,
Народный артист России,
лауреат Государственной премии России,
доцент Московской консерватории



Александр КОРЧАГИН,
Народный артист России,
лауреат Государственной премии России,
профессор Московской консерватории

Москва, 5 сентября 1996 года

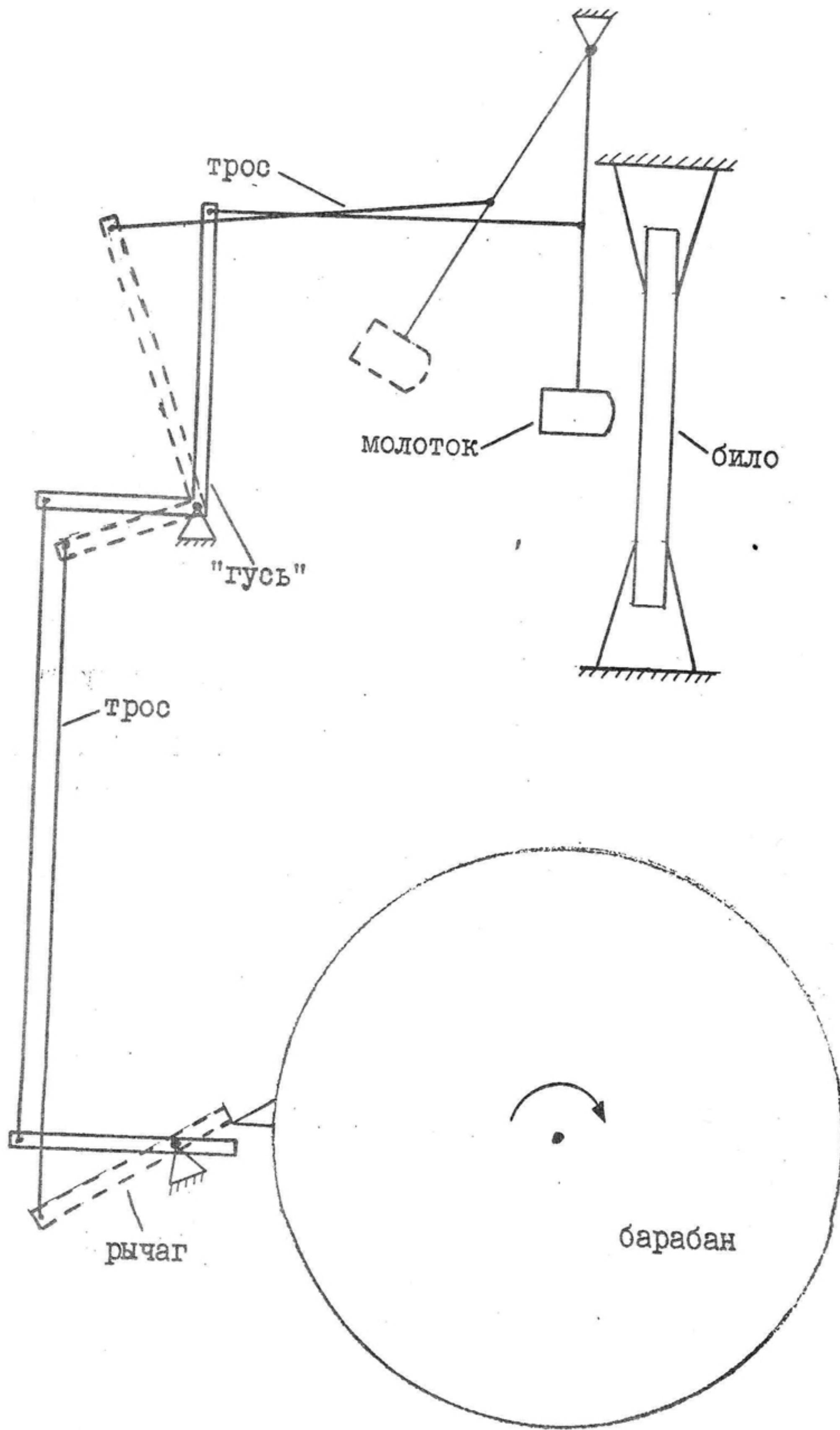


Рис.
Кинематическая схема курантов.