

## Форма и вес монет времени правления Михаила Федоровича и Алексея Михайловича

### Вес монет

Изменение веса монет известно по анализу А.С. Мельниковой (1989, Московский монетный двор), для времени правления Михаила Федоровича диаграммы 26-31, 35-37) (11085 экз из коллекции монет ГИМ), для времени правления Алексея Михайловича диаграммы 38-40) (1878 экз из коллекции монет ГИМ). Модальные значения веса монет, снятые с этих диаграмм для разных периодов времени, показаны треугольниками на рис.1. Суммарные данные о среднем весе (наши для 5024 монет (вес монет измерен с точностью до 0.01 грамма), данные А.В. Быкова (1992) для 7329 монет для времени правления Михаила Федоровича и наши для 309 монет для времени правления Алексея Михайловича) по отдельным годам показаны маленькими кружками с диапазонами  $\pm$  ошибки среднего. Нормативный вес по Мельниковой красными кружками, по Звереву (2000) – большими черными кружками. Красным пунктиром проведена линия вероятного изменения нормативного веса монет (по Мельниковой и Звереву с учетом наших данных): стабильность в 1613-18 гг (0.512 г), снижение веса до 0.487 в 1618-21 гг, стабильность веса в 1622-26 гг (0.487 г), снижение до 0.48 г к 1630 г, стабильность веса в 1630-37 гг (0.48 г), понижение веса до 0.47 г в 1637-38, стабильность до 1642 гг (0.47 г), уменьшение веса до 0.46 г в конце правления Михаила Федоровича – начале правления Алексея Михайловича (1643-50 гг) и некоторое увеличение веса до 0.47 г (0.48 по Мельниковой) в 1651-55 гг. Увеличение веса до 0.48 г в 1663-76 гг.

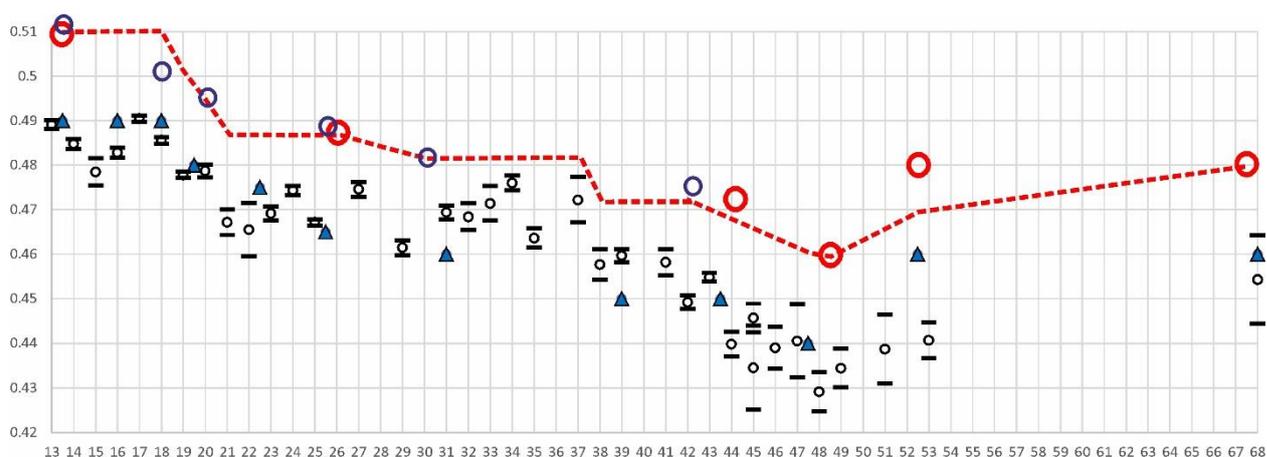


Рисунок 1. Изменение веса монет (граммы) времени правления Михаила Федоровича и Алексея Михайловича (подробности в тексте)

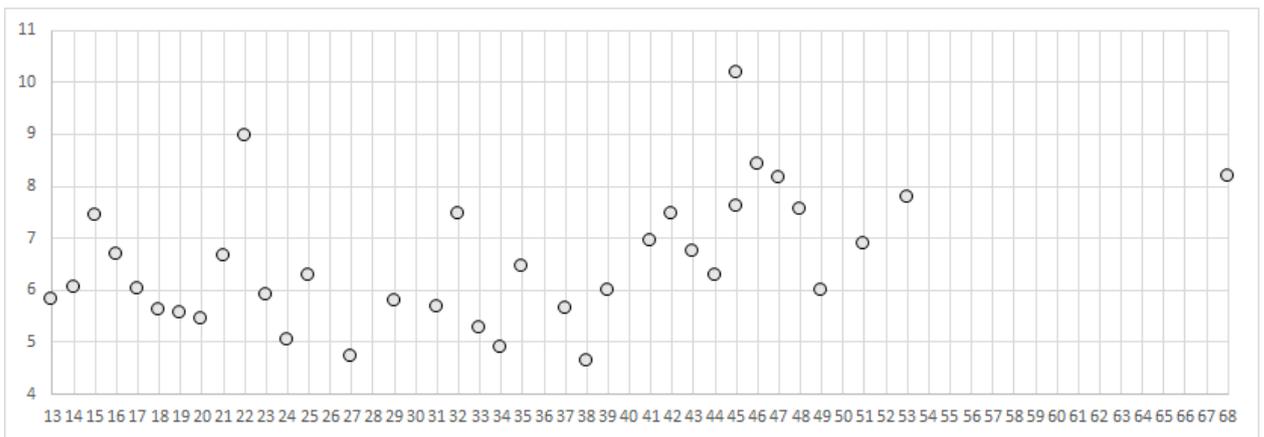


Рисунок 2. Изменение во времени коэффициента вариации веса монет (среднеквадратическое отклонение деленное на средний вес)

Начиная с 1635 г увеличивается вариабельность веса монет. Если до этого средняя вариабельность веса  $SD/mean$  была в среднем 5-7 %, то после 1635 к 1645 г. она увеличилась в среднем до 6 - 8%, и в дальнейшем оставалась на этом уровне. Увеличение вариабильности веса в 35-45 гг вероятно является отражением одновременного поступления в оборот монет, чеканенных из серебра разной пробы.

### *Форма монет*

Обработано 1754 монет времени правления Михаила Федоровича и 309 монет времени правления Алексея Михайловича из разных источников. Монеты сфотографированы или отсканированы с разрешением не меньше 2400 dpi.

Проведены измерения с точностью до 0.01 мм:

длинная ось монеты  $L\_long$ , идентифицируемая по следам краев обрубка серебряной проволоки, максимальное расстояние между этими краями

короткая ось монеты  $L\_short$ , как максимальная длина поперечника монеты, перпендикулярно к длинной оси

Вычислено удлинение формы монеты как  $E = L\_long / L\_short$

По данным измерения *длинной оси* можно составить представление об изменении этой характеристики во времени (Рис. 3). Если не принимать во внимание выброс длин в 1623-24 гг, который может быть обусловлен локальными особенностями ограниченного использованного нами комплекса монет, то изменение длины монет следует следующим временным этапам: в

период правления Михаила Федоровича относительная стабильность на уровне 13.3 мм в период 1614-17 гг, уменьшение длины до 12.2 мм в 1618-21 гг, небольшое увеличение длины к 1625- (до 12.4 мм), стабильность в 1625-35 гг (12.4 мм), резкое увеличение длины до 13.5 мм в 1636-41 и стабильность (до 13 мм) в 1641-45 гг. В начале правления Алексея Михайловича средняя длина монет резко уменьшилась до 13.2 мм, но оставалась стабильной в 1645-49 гг, а в период 1649-53 еще уменьшилась до 12.5 мм. В 1663-76 гг длина монет оставалась примерно на том же уровне.

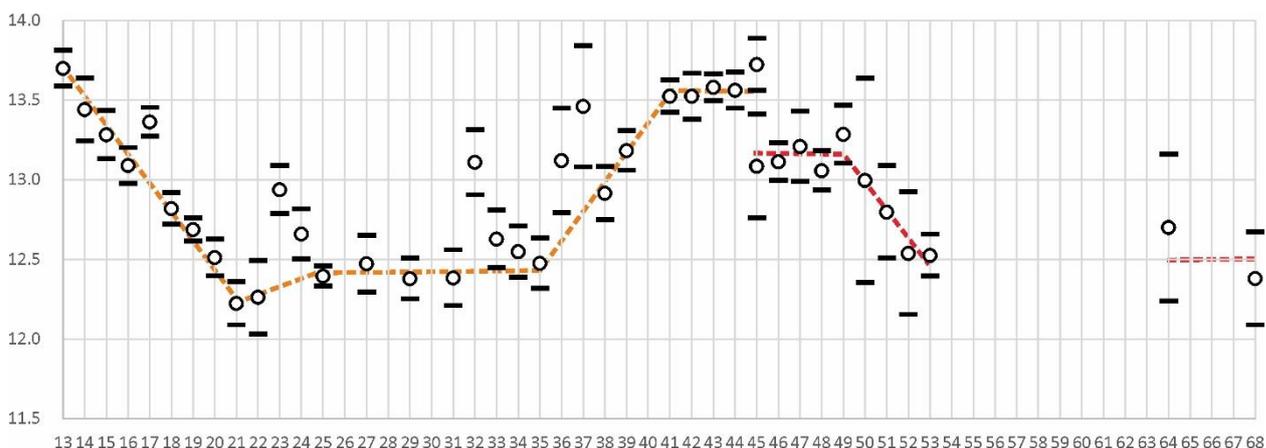


Рисунок 3. Изменение длины монет (мм) времени правления Михаила Федоровича и Алексея Михайловича

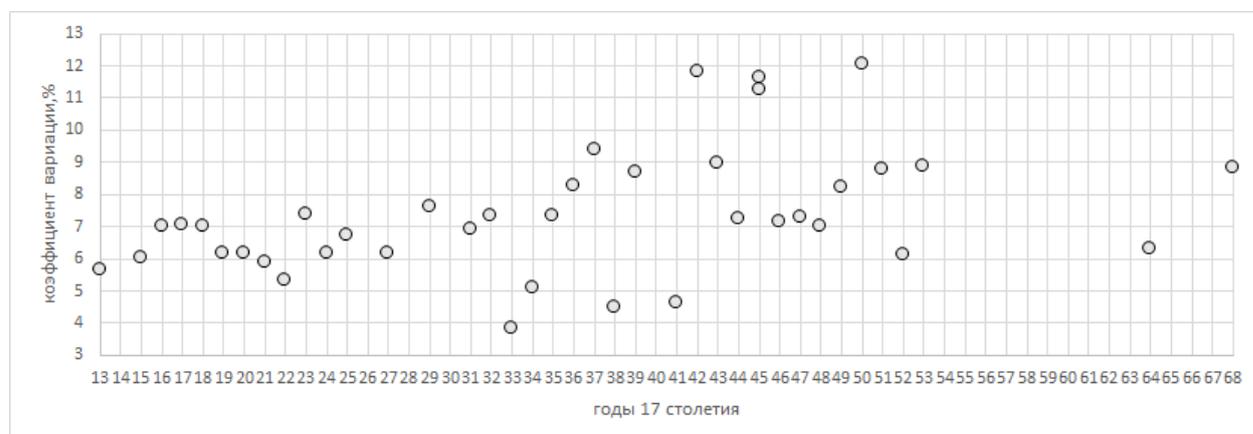


Рисунок 4. Изменение во времени коэффициента вариации длины монет монет (среднеквадратическое отклонение деленное на средний вес)

Также как и для веса монет, начиная с 1635 г увеличивается вариабельность длины монет (рис 4). Если до этого средняя вариабельность длин  $SD/mean$  была в среднем 5-7 %, то после 1635 к 1645 г. она увеличилась в среднем до 7 - 9%, и в дальнейшем оставалась на этом уровне. Увеличилась также изменчивость самой вариабельности, пределы колебаний среднегодовых значений составляли от 4 до 12 %

Длина короткой оси монеты (ширина) зависит от толщины проволоки и от жесткости металла, но в не меньшей степени от установок, данных бойцу, который расплющивал отрезки проволоки на заготовки для монет.

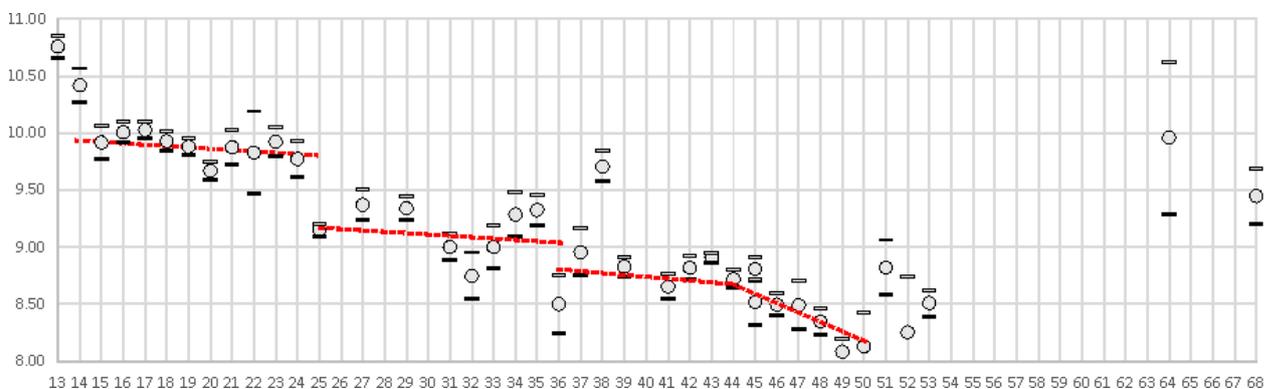


Рисунок 5. Изменение ширины монет  $B$  (мм) времени правления Михаила Федоровича и Алексея Михайловича

Измерениями выявлена относительная стабильность  $B$  на уровне 10.0-9.75 мм в период 1614-24 гг, резкое уменьшение ширины до 9.1 мм в 1625-35 гг, дальнейшее уменьшение ширины до 8.75 мм в 1636-45. В начале правления Алексея Михайловича средняя ширина монет резко уменьшилась до 8.25 мм, но в период 1649-53 увеличилась до примерно 8.5 мм. В 1663-76 гг ширина монет увеличилась до примерно 9.5 мм.

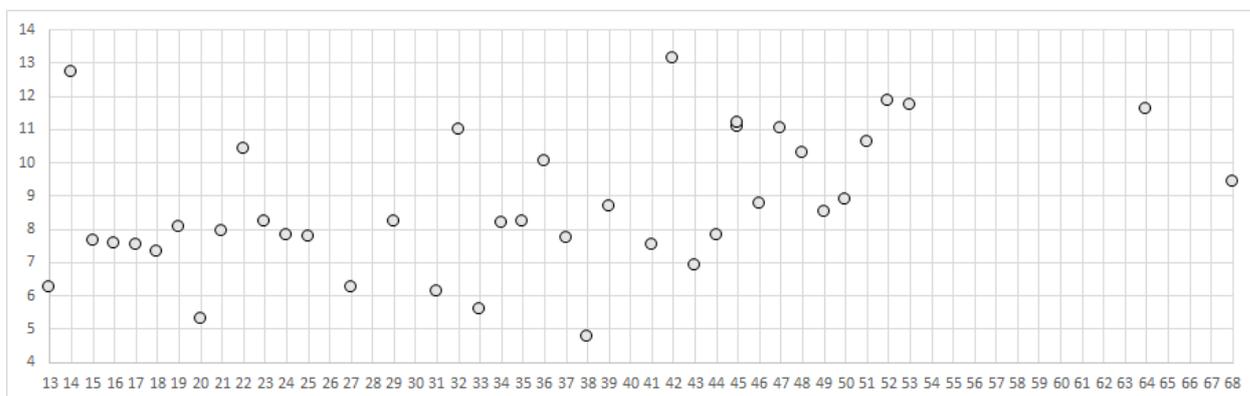


Рисунок 6. Изменение во времени коэффициента вариации ширины монет монет (среднеквадратическое отклонение деленное на средний вес)

Вариабельность ширины монет (рис б), как и для длин монет, начиная с 1635 г увеличивается. Если до этого средняя вариабельность ширин  $SD/mean$  была в среднем 7-8 %, то после 1635 к 1645 г. она увеличилась в среднем до 9 - 11%, и в дальнейшем оставалась на этом уровне. Увеличилась также изменчивость самой вариабельности, пределы колебаний среднегодовых значений составляли от 5 до 13 %

На рис. 7 видно, что *удлиненность монет* (и заготовок) сохранялась примерно одинаковой в период 1613-25 гг, хотя существенно менялась длина отрезков проволоки. Можно предположить, что бойцы регулировали форму монет, стараясь выдерживать соотношение длинной и короткой осей в среднем 1.3. С увеличением жесткости металла при понижении пробы в 1626-35 гг удлиненность стала несколько больше (в среднем 1.35). Удлиненность резко увеличилась до 1.5 в 1636-39 гг и до 1.56 в 1641-45 гг. Это было связано с увеличением длины отрезков проволоки для монетных заготовок. В первые годы правления Алексея Михайловича удлиненность сохранялась на прежнем уровне, хотя длина монет несколько уменьшилась. В 1650-54 гг удлиненность резко уменьшилась с 1.6 до 1.45 следуя за уменьшением длины монет.

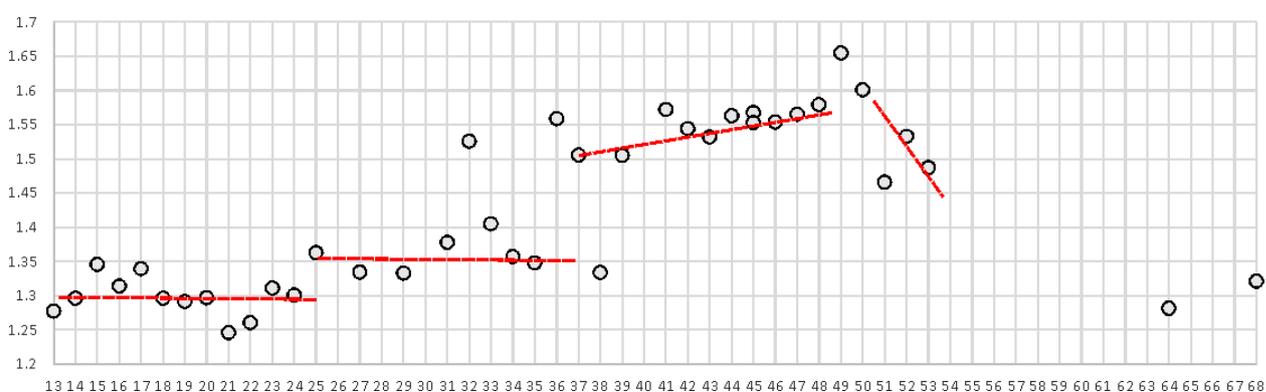


Рисунок 7. Удлиненность формы монет (long/short) времени правления Михаила Федоровича и Алексея Михайловича

*Сопоставление всех элементов веса и формы монет* показывает, что отчетливо выделяются два глобальных (общих для всех характеристик) периодов изменений – 1635-37 и 1648-49 гг (рис. 8). Оба периода совпадают с изменениями во властных структурах – смертью патриарха Филарета и началом правления Алексея Михайловича. Другие периоды изменений отражены не во всех характеристиках. Период 1625-26 гг (изменение в пробе) не отразился в весе монет, а только в форме, период 1621-22 гг – стабилизация веса монет, не отразился в их форме.

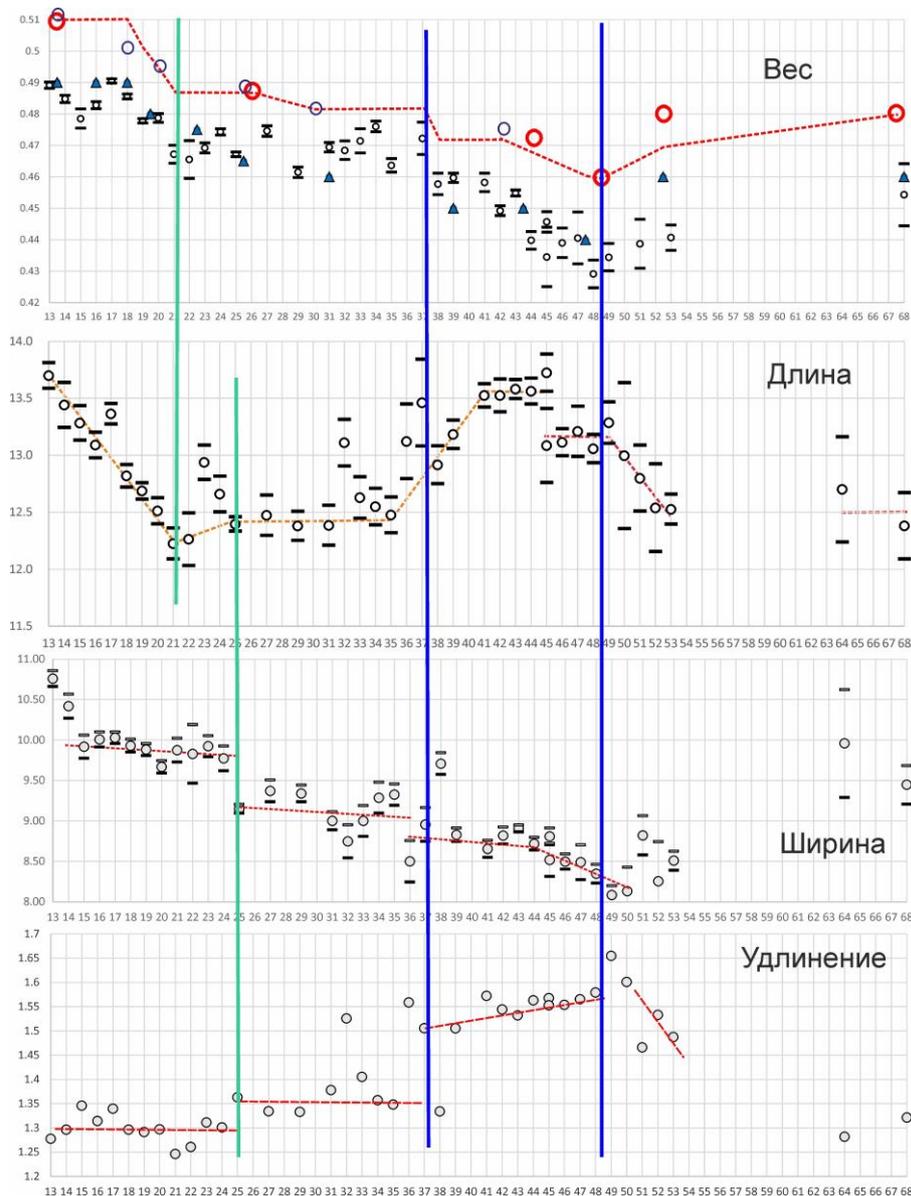


Рисунок 8. Сопоставление всех элементов веса и формы монет времени правления Михаила Федоровича и Алексея Михайловича

### *Анализ сочетания формы и веса монет*

Будем исходить из того, что заготовка для монеты имела вес  $W$  (близкий к нормативному), удельный вес  $\rho$  10.43 г/см<sup>3</sup> - 960 проба - до 1626 г и 10.34 - 916 проба – после, нормативную длину  $L$ . Тогда нормативный диаметр заготовки равен

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi\rho L}} \quad (1)$$

Нормативный вес приводится Мельниковой и Зверевым (см. Рис.1). Фактический вес  $W_f$  обычно меньше нормативного, при этом чем меньше

фактический вес, тем существенней (но меньше по абсолютной величине) поправка  $k_1 = W_f/W$

$$k_1 = \frac{W_f}{W} = 0.986W_f + 0.51 \quad (2)$$

Нормативная длина не исследована. Фактическая длина монет больше нормативной на величину  $k_2 = L_f/L$  расплющивания заготовки бойцом и чеканщиком.

По данным о фактическом среднем весе монеты и удельному весу серебра ( $10.43 \text{ г/см}^3$  - 960 проба - до 1626 г и  $10.34$  - 916 проба - после) вычисляется средний фактический объем монеты  $V_f \text{ см}^3$ . Зная объем  $V_f$  и фактическую длину  $L_f$  цилиндра вычисляем его рассчитанный диаметр  $D_f$ .

$$D_f = \sqrt{\frac{4W_f}{\pi\rho L_f}} = \sqrt{\frac{4k_1W}{\pi\rho k_2L}} \quad (3)$$

Так как длина длинной оси монет  $L_f$  больше длины первоначальной заготовки (куска проволоки, «чурки»)  $L$ , этот вычисленный диаметр будет заниженным

на величину  $\sqrt{\frac{k_1}{k_2}}$ . Для периода 1613-1617 (стабильность и весов, и длин монет) средний фактический вес выборки монет составляет 0.485 г, а объем (при удельном весе серебра  $10.43 \text{ г/см}^3$ ) - 46.5 мм<sup>3</sup>. Средняя фактическая длина монет составила 13.3 мм и рассчитанный средний диаметр проволоки 2.1 мм. Если использовать нормативный вес монет (0.51 г,  $k_1=0.95$ ) и среднюю минимальную длину монет для данного периода (12.3 мм), то рассчитанный диаметр будет 2.27 мм. В любом случае, это заниженный диаметр (так как даже минимальная измеренная длина отрезков была завышена относительно длины чурки на величину  $k_2$ ). Ближайший нормативный размер линейных мер (Каменцева, Устюгов, 1975) будет линия = 2.54 мм. Если предположить, что диаметр проволоки был равен одной линии (2.54 мм), то нормативная длина заготовки - 9.65 мм (или 38 точек), фактическая длина монет после работы бойца и чеканщика в период 1613-1617 была на ~38% больше и для этого периода  $k_2=1.38$ . Средняя ширина монет была 10.0 мм, т.е. степень расплющивания в ширину  $k_3 = B_f/D$  составляла 3.94.

Рассчитанный по формуле 1 средний (заниженный) диаметр заготовок проволоки (Рис. 9) стабилен (2.14 мм, с разбросом) для периода 1613-35 гг. Фактический, вероятно, составлял одну линию (2.54 мм). Таким образом, изменения объема монет в этот период контролировались изменениями длины заготовки, а изменения веса, еще и изменениями удельного веса серебра.

В период 1620-26 нормативный вес стал 0.487 г, что соответствует объему 46.7 мм<sup>3</sup> при 960 пробе серебра. Нормативная длина заготовки при диаметре проволоки 2.54 мм была 9.22 мм. Фактическая средняя длина монет этого периода составляет 12.49 мм, т.е.  $k_2=1.35$  (т. е. практически не изменился). Фактическая ширина уменьшилась до 9.7 мм,  $k_3=B_f/D$  составляла 3.8.

При 916 пробе серебра (примерно после 1626 года) и нормативном весе 0.48 г объем слегка уменьшился до 46.4 мм<sup>3</sup> и нормативная длина заготовки (при неизменном диаметре проволоки 2.54 мм) стала 9.16 мм (36 точек).

Фактическая средняя длина монет этого периода (1625-35) составляет 12.6 мм, т.е.  $k_2=1.38$ . Хотя жесткость серебра 916 пробы выше, чем чистого (960 пробы) степень расплющивания монет в длину мало изменилась. Однако сильно уменьшилась ширина монет до 9.15 мм, степень расплющивания в ширину  $k_3=B_f/D$  составляла 3.6.

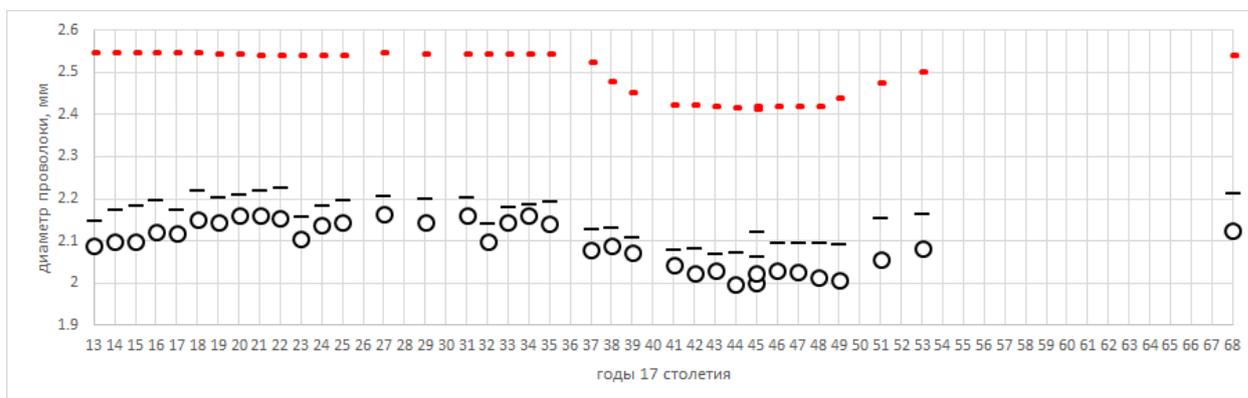


Рисунок 9. Изменение во времени рассчитанного по формуле 1 (заниженного) среднего диаметра (мм) проволоки для чеканки монет. Кружками даны результаты расчета по средним весам и длинам монет, черточками – по нормативным весам и фактическим средне минимальным длинам монет. Красные черточки показывают вероятный нормативный диаметр проволоки (пояснения в тексте)

После 1634-35 года (т.е. после смерти патриарха Филарета) наступает период нового снижения нормативного веса монет. При этом средняя длина монет (т.е. нормативная длина заготовки) увеличивается (Рис. 3), но уменьшается средний диаметр заготовки примерно на 0.15 мм за 1935-42 гг (рис. 9). Это уменьшение происходит постепенно, что можно объяснить только постепенной заменой старых волочильных досок с минимальными отверстиями диаметром в одну линию на новые, с минимальным отверстием меньшего диаметра. К 1642 гг процесс замены волочильных досок был (возможно?) завершен и нормативный вес монет стабилизировался около 0.467 г. Если исходить из графика на Рис. 9, рассчитанный заниженный диаметр в 1645 гг был примерно на половину точки меньше, чем в 1613-18. В таком случае, нормативный диаметр отверстий в новых волочильных досках

составлял около 2.4 мм, а нормативная длина заготовки – 9.9 мм (т.е. больше чем в 1613-18 гг, что хорошо видно на Рис. 3). В «Делах» Нового Английского денежного двора (Зайцев, Мельникова, 2005) волочильные доски названы «государевы», что может указывать на их изготовление вне монетного двора и их модификацию государственной политикой. Впрочем, название «государевы» может означать просто «казенные» в отличие от инструментов, которые принадлежали волочильщикам (молоты и клещи).

С начала правления Алексея Михайловича и до 1650 г (т.е. в первый период чеканки по Мельниковой) продолжился период снижения веса заготовки до нормативных 0.46 г, средняя нормативная длина заготовки резко уменьшилась (до 9.65 мм), так как средняя длина монет уменьшилась до 13.2 мм. При этом фактический (рассчитанный) диаметр заготовки увеличился примерно на 0.05 мм, что скорее всего не превышает ошибку расчетов.

Вся эта довольно тонкая регулировка веса монет за счет изменения длины заготовки видна на Рис. 10.

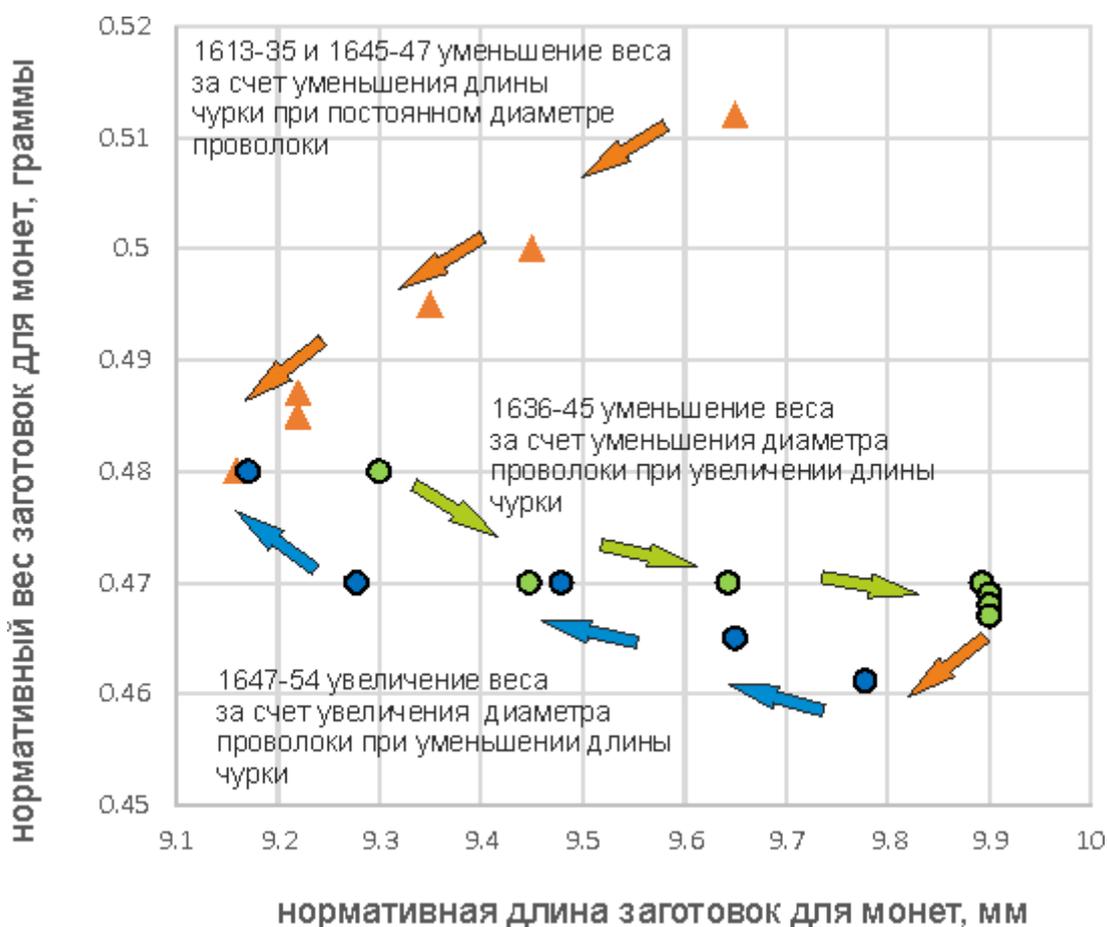


Рисунок 10. Изменение нормативного веса за счет изменения нормативной длины заготовок и диаметра проволоки.

Так как нормативный диаметр заготовки определялся диаметром отверстий в волочильных досках, то эта величина была, видимо, довольно

консервативной. Вес заготовок регулировался длиной чурки. Как это происходило, трудно сказать. Вероятно, чурки нарезались до того, как передавались бойцам для плющения заготовок. Судя по имеющимся находкам, в период выпуска медных монет при Алексее Михайловиче эта нарезка велась весьма небрежно, но нет уверенности, что эти находки отражают процесс государственной чеканки, а не изготовления фальшивых монет. В период 1613-35 гг каждое уменьшение веса монет на 0.1 грамма требовало уменьшения длины чурки примерно на 1.6 мм, в период 1645-48 соответствующее изменение веса монет требовало уменьшения длины чурки на 2 мм. Вероятно, это возможно делать «на глаз», без специального инструментария.

Частично уменьшение рассчитанного нормативного диаметра проволоки после 1635 г на рис. 9 объясняется уменьшением пробы и уменьшением удельного веса серебра. Но даже если предположить, что использовалось серебро 720 пробы с удельным весом  $10 \text{ г/см}^3$  (что совершенно невозможно – такое серебро не будет тянуться в проволоку), то уменьшение диаметра заготовок необходимо и в этом случае, но составит не 0.15, а 0.095 мм

Можно предложить иную гипотезу для объяснения соотношения весов и морфологии монет в период после 1635 г. Предположим, что диаметр проволоки (отверстия в волочильных досках) не менялись (2.54 мм), а вес монет регулировался нормативной длиной заготовки (чурки). Если использовать зависимость между весом и нормативной длиной для периода 1626-35 гг (рис. 10), то нормативная длина чурки в 1645 г должна была бы быть 8.9 мм. Фактическая длина монет была 13.6 мм, т.е. степень расплющивания в длину  $k_2= 1.53$ , фактическая ширина 8.8 мм, т.е. степень расплющивания в ширину  $k_3= 3.46$ . К 1654 г фактическая длина монет была 12.5, ширина – 8.5 мм, вес увеличился до 0.47 - 0.48 г. Нормативная длина чурки была около 9.2 мм, нормативный диаметр - 2.54 мм. Степень расплющивания в длину  $k_2= 1.36$ , степень расплющивания в ширину  $k_3= 3.35$ . Если не принимать гипотезу об изменении диаметра заготовок, то все эти вариации во времени степени расплющивания в длину придется отнести за счет изменения установок бойцам, что конечно возможно, но требует рационального объяснения. Кроме того, необходимо объяснить уменьшение вычисленных по формуле 3 фактических диаметров заготовок (рис. 9) в период 1635-48 гг.

Литература

*Быков, А.В.* Клады 30-40 гг. XVII века. Памятники нумизматики в музеях Вологодской области. Часть 2; Изд-во: Вологда: ИИЦ "ЛиС", 1992, 198 с.

*Гришин И.В. Клецинов В.Н.* Каталог русских средневековых монет времени правления Михаила Федоровича (1613-1645), УРСС, 2001

*Зайцев В. В., Мельникова А.С.* «Дела» Нового Английского денежного двора 1659-1663 гг , М.: ГИМ, 2005. 110 с.

*Зверев С.В.* Изменения монетной стопы в русской чеканке XVII в. и их отражение в оформлении монет // Монета. 2000. Вып. 7. С.43-67

*Каменцева Е. И., Устюгов Н. В.* Русская метрология: Учебное пособие для вузов. 2-е изд.— М.: Высшая школа, 1975.— 326 с.

*Мельникова А.С.* Русские монеты от Ивана Грозного до Петра Первого: История русской денежной системы с 1533 по 1682 г. М.: Финансы и статистика, 1989. 318 с.