

## ВЕК КВАДРАНТОВ

### Что такое астрономический квадрант XVIII века

На протяжении полутора тысяч лет, примерно с IV и вплоть до XVII в., основным астрономическим инструментом была астролябия. На базе астролябии появился и квадрант, четверть круга, выполнявший те же самые функции. Была еще морская астролябия, а также квадранты Дэвиса, Элтона, Гадлея, которые применялись в мореплавании. Но не об этих навигационных инструментах пойдет речь в данной статье. Мы рассмотрим самые точные инструменты XVIII в., астрономические квадранты.

Тихо Браге в конце XVI в. показал, что можно и нужно измерять небеса с высокой точностью, недоступной ранее. Разные ученые и мастера участвовали в создании нового инструмента. Галилей и Кеплер изобрели свои версии телескопа. Англичанин Роберт Гук предложил нитяной микрометр, цилиндрический уровень, микрометрический винт. Еще раньше была изобретена шкала нониуса. Наилучшим образом свести все эти изобретения воедино смог французский ученый Жан Пикар. В 1671 г. он опубликовал описание нового квадранта, созданного несколькими годами раньше и испытанного в экспедиции по измерению дуги меридиана [1]. Новый инструмент имел целый ряд особенностей:

- для визирования использовались одна или две оптические трубки, увеличивающие изображение;

- в поле зрения трубок имелись крестообразно натянутые нити для точного наведения на объект; четкое изображение нити обеспечивалось диафрагмой, то есть частичным закрытием объектива;

- тонкое движение нитей производилось с помощью микрометра;

- правильная установка квадранта контролировалась отвесом или цилиндрическим уровнем;

- 90-градусная шкала была разделена с высочайшей точностью вплоть до 5-минутных делений; имелась шкала нониуса для отсчета с точностью до одной минуты дуги;

- надежная стойка с ножками позволяла устанавливать инструмент, как в вертикальном, так и в горизонтальном положениях.

Все последующие квадранты, созданные на протяжении века французскими и английскими мастерами, лишь повторяли концепцию Жана Пикара (см. рис. 1).

Квадрант мог использоваться двояко. Французские мастера чаще применяли поворотный квадрант, одна сторона которого, снабженная трубкой, направлялась на объект, а отсчет производился по нити отвеса. Свинцовый отвес тщательно оберегали от воздействия ветра — его либо погружали в жидкость, либо закрывали дополнительными щитками. Квадрант английских мастеров был неподвижен, одна сторона располагалась горизонтально, другая — вертикально. Положение сторон контролировалось отвесом или цилиндрическим уровнем. Подвижная трубка, соединенная с отсчетным устройством, наводилась на объект.

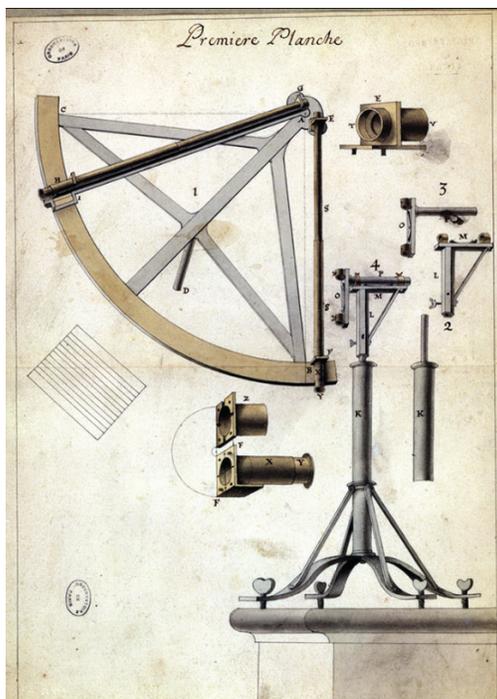


Рис. 1. Квадрант Жана Пикара из книги «Измерение Земли» 1671 г.

Во второй половине XVII в. европейские короли были заинтересованы в развитии навигации. Были основаны первые обсерватории — Парижская в 1667 г. и Гринвичская в 1675 г. Поэтому новый инструмент быстро нашел своего пользователя. Королевский астроном Джон Флемстид в начале XVIII в. взялся за наблюдения звезд и движения Луны с помощью 7-футового (2,1-метрового) стенного квадранта. В результате 20-летней работы Флемстид создал точный каталог 2395 звезд, а его последователь Джеймс Брэдли, которого раньше в русскоязычной литературе называли Брадлеем, в 1727–1728 гг. открыл такие тонкие явления, как аберрация и нутация.

Квадрант Жана Пикара и квадрант Флемстида — это инструменты, похожие по конструкции и по предназначению. Просто первые, размером примерно до одного метра, были транспортабельны, их можно было брать в плавание или в экспедицию. Вторые, квадранты большего размера, предназначались для стационарного закрепления в обсерваториях, обычно на стене, построенной в направлении меридиана, потому они и получили название стенные квадранты. Иногда это были стенные секстанты, что не меняло сути дела. Соответственно, различались квадранты и по цене. В Англии в начале XVIII в. экспедиционные квадранты стоили от 40 до 70 фунтов стерлингов, а стенные — от 120 до 350 фунтов [2].

Лучшие мастера, изготавливавшие в XVIII в. квадранты и другие сложные инструменты, жили в Лондоне и Париже. Их продукция находила спрос

во всем мире. По мере роста конкуренции, инструменты становились все совершеннее и точнее.

Для достижения наивысшей точности в разделении шкал, применялись необычные приемы. Например, Джордж Грэм, которого можно считать основоположником школы английских мастеров, наряду с 90-градусной шкалой начал делить четверть круга на 96 частей. Почему 96? В то время основным рабочим инструментом был делительный циркуль. Если построить правильный треугольник со стороной, равной радиусу квадранта, все углы в нем будут равны 60 градусам. И тогда одним только циркулем легко разделить полученный угол сначала пополам, затем на 4, 8, 16, 32 и, наконец, 64 части. Оставшиеся 30 градусов точно так же делятся на 2, 4, 8, 16 и 32 части. В сумме это и дает 96 частей. Полученный во время наблюдений отсчет легко пересчитывается в градусы [1].

Похожий прием позже использовал Джон Берд для того, чтобы получить 5-минутные деления. Сначала с помощью циркуля он подбирал хорду, соответствующую углу 85 градусов 20 минут (5120 минут), а затем начинал делить этот угол и все последующие пополам, пока не доходил до 5 минут.

После 1757 г., когда Джон Доллонд научился делать ахроматические объективы, инструментальные мастера тут же применили это открытие в трубках, установленных на квадрантах. Это позволило улучшить качество изображения и достичь большего увеличения. Увеличение трубок 3,5-футового квадранта составляло 20 крат [3]. Вероятно, для меньших квадратов, у которых и длина трубки была меньше, увеличение могло быть порядка 10 крат.

Еще один прием, который использовали мастера — это тонкое движение трубы с помощью червячной передачи. На внешнем краю шкалы квадранта нарезались мелкие зубцы (порядка 700 зубцов на 100 см), а червяк крепился к подвижной трубке и, соответственно, позволял двигать ее. Для того, чтобы процесс наведения не был долгим, имелась возможность разъединить червячную передачу для быстрого наведения на объект.

Мастера научились учитывать даже такой тонкий эффект, как тепловое расширение металла. Из-за этого квадранты стали целиком изготавливать из латуни. Во время градуировки прибора, которая могла занимать до 52 дней, как у английского мастера Джона Берда во время изготовления 8-футового квадранта, температура металла должна была поддерживаться постоянной.

Конец эпохе квадрантов принесли сами же изготовители научных инструментов — англичанин Джесси Рамсен и француз Этьен Лемуар. Первый в 1789 г. построил меридианный круг для Палермской обсерватории, ставший новым стандартом точности, а второй в 1775 г. — отражательный круг, прототип теодолита, сделавший переносной квадрант ненужным. Так закончился век квадрантов, бурно начавшийся с Жана Пикара в 1671 г.

### **История квадрантов в России**

Первый квадрант вместе с другими научными инструментами в Россию привез Петр Первый из своей первой поездки в Европу. В 1698 г. в Лондоне он купил квадрант у известного астронома Эдмунда Галлея за 80 фунтов стерлингов [4, р. 199]. Из более поздних документов мы узнаем, что этот галлеевский квадрант имел радиус 2,5 фута.

Следующее сообщение о приобретении для Петра «медного квадранта» мы находим в «Столпцах дворцовых приказов» от 25 августа 1700 г. После покупки квадрант был передан генерал-майору Якову Вилимовичу Брюсу.

О наличии квадрантов мы также узнаем из «Описи платья и другим вещам, принятым в государеву Мастерскую палату с государева двора в Преображенском, 1705 г.», где значатся два квадранта — «фандрат медной в ковчеге (футиляре) деревянном и к тому фандрату две подножки» и «фандрат малой медной» [5, с. 56].

Одновременно с появлением первых инструментов в Москве в 1700 г. была создана «навигацкая школа» с обсерваторией. Здесь мог находиться квадрант, переданный Брюсу, поскольку первый учебник — «Арифметика» Магницкого — содержал раздел об астрономических наблюдениях. Ученики должны были уметь измерять высоты Солнца и Полярной звезды и по ним вычислять широту места. В 1715-м г. навигаторские классы были переведены в новую столицу. И уже в 1717 г. около 20 геодезистов, воспитанников школы, были направлены в различные губернии для составления карт. В наказе им, в частности, говорилось: «В каждом городе брать по квадранту широту места...» [6, с. 61]. Дальше всех были отправлены Иван Михайлович Евреинов и Федор Федорович Лужин, они дошли до Камчатки и составили реестр с координатами 47 пунктов. Из наблюдений определялась только широта. Долготы вычислялись косвенным путем, через расстояния между двумя точками.

Когда царь Петр задумал по образцу европейских государств создать собственную астрономическую школу, он пригласил на работу французского астронома Жозефа Николя Делиля. Тот прибыл в Россию в начале 1726 г., уже после смерти Петра, для работы в только что созданной Академии наук. Делиль привез с собой вместе с другим оборудованием малый 18-дюймовый (1,5-футовый) квадрант французского мастера Луи Шапото. Квадрант этот Делиль заказал на российский средства в еще июне 1717 г., во время пребывания Петра в Париже.

Но через год после прибытия в Санкт-Петербург Делиль передал свой квадрант брату, де ла Кройеру, «баловню всей их почтенной семьи», прибывшему в Россию вместе с ним. В марте 1727 г. тот был направлен в экспедицию в Архангелгородскую губернию [7, с. 445].

Оставшись без квадранта, Делиль истребовал из Академии наук инструменты, которые были выписаны еще Петром Первым и лежали без употребления. Среди них был большой секстант радиусом то ли 4,5 [8, с. 108], то ли 5 [9, с. 57] футов и большой квадрант радиусом в три фута, оба инструмента изготовленные английским мастером Джоном Раунлеем. Видимо, это тот самый Раунлей, который создал механический планетарий, названный орери... Позже к этим инструментам добавился еще один квадрант, радиусом в два фута, взятый из Кабинета ее императорского величества. Трехфутовым квадрантом Делиль начал пользоваться с 12 июня 1727 г., после приведения его в порядок. Большой секстант по принципу действия ничем не отличался от квадранта. Это был инструмент, который необходимо было крепить к стене. Чтобы более эффективно пользоваться им, Делиль переделал его крепления так, чтобы можно было смещать его в плоскости меридиана [7, с. 448–449]. Секстант Раунлея исследовался в мае–августе 1734 г., наблюдения на нем начались 10 сентября 1734 г. [8, с. 111].

Еще один большой, 4-футовый квадрант был куплен по предложению Делиля в Париже в 1735 г., Делиль заказал его у Шапото-младшего еще до

отъезда в Россию, в 1721 г. [9, с. 56]. Таким образом, мы видим, что квадранты были хорошо представлены в Петербургской академии наук. Обслуживанием этих и других инструментов занимался инструментальный мастер П. Виньон, которого Делиль привез с собой из Парижа.

Вторая камчатская экспедиция была долгой — с 1733 по 1744 г. Руководителем астрономических работ был назначен Делиль де ла Кройер, старший брат астронома Жозефа Николя Делиля. В помощники ему определили 28-летнего Андрея Красильникова, который вскоре превзошел в мастерстве своего учителя. А после смерти де ла Кройера в 1741 г. Красильников стал руководить астрономическими работами. В его арсенале был 1,5-футовый квадрант, несколько астрономических труб длиной от 5 до 15 футов, часы и другие инструменты. Более 10 лет работая в суровых условиях, Красильников определил 34 пункта по широте и 10 пунктов полностью — по широте и долготе [10, с. 472–476]. Особенно важны были впервые определенные долготы. Для их получения необходимо было выполнять достаточно сложные наблюдения, подробнее об этом — в следующей части.

Поскольку малые квадранты с академической обсерватории были розданы геодезистам, на самой обсерватории оставались только крупные инструменты. Так, в 1741 г. согласно описи там значились [11, с. 299]:

[...]

14. Астрономический квадрант, с радиусом в 3 фута (скорее всего это квадрант Раунлея, с помощью которого наблюдались меридианные высоты Солнца и звезд в 1727-1734 гг. В 1735 году квадрант был переустановлен, чтобы на нем можно было наблюдать звезды близ зенита — С. М.) [8, с. 110];

15. Астрономический квадрант, с радиусом в 4 фута, сделан... под руководством Делиля... (куплен в 1735 году у Шапото-младшего — С. М.);

16. Астрономический секстант, с радиусом в 5½ футов. Этот инструмент употреблялся Галлеем на острове Св. Елены для наблюдения звезд вблизи южного полюса;

17. Астрономический квадрант, с радиусом в 2½ фута (куплен у Галлея в 1698 году — С. М.).

[...]

В этой описи мы видим 5,5-футовый стенной секстант, самый большой по размеру инструмент обсерватории. Как пишет Н. И. Невская, этот инструмент был передан из домашней обсерватории Я. В. Брюса после его смерти в 1735 г. Брюс в свою очередь приобрел его у Джона Флемстида в Англии. А еще раньше, в 1676–1678 гг. инструмент использовался молодым тогда еще астрономом Эдмундом Галлеем на острове Св. Елены для наблюдения южных звезд. Делиль в своей описи приводит и имя мастера, изготовившего этот секстант — Эдвард Фаул, но что это за мастер, установить не удалось. В журналах Делиля говорится, что наблюдения с помощью этого секстанта начали проводиться на обсерватории с 22 мая 1737 г. (см. рис. 2).

Почему-то прежний стенной секстант Раунлея не упомянут в этом перечне, хотя известно, что в нижней обсерватории были установлены оба эти секстанта [9, с. 57].

За период с 1735 по 1747 г. Жозеф Николя Делиль выполнил на секстантах Раунлея и Галлея множество измерений высот звезд в меридиане. На

основе этих наблюдений, в частности, был создан каталог 120 фундаментальных звезд. Позднее О. В. Струве, изучив парижский архив, дал высокую оценку этим наблюдениям:

Нет сомнения, что эти определения меридианных высот могут соперничать в точности... с лучшими наблюдениями, выполненными в ту же самую эпоху в обсерваториях Гринвича и Парижа, судя по глубокому изучению этих инструментов, которое провел Делиль [9, с. 62].

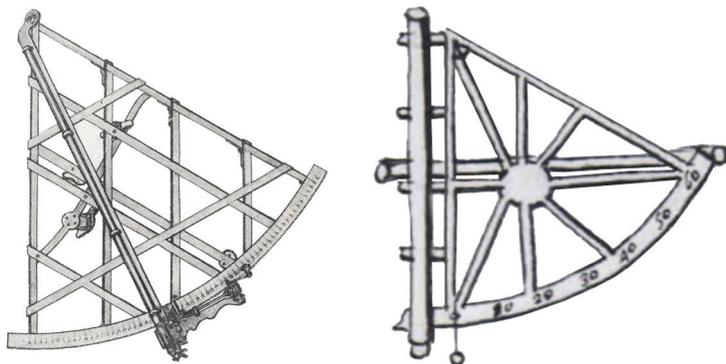


Рис. 2. Слева: вид 4,5- или 5-футового стенного секстанта Раунлея после его переустановки для наблюдения зенитных звезд [7, с. 104]; справа: зарисовка 5,5-футового секстанта Галлея [12, р. 71]

В декабре 1747 г. в здании Кунсткамеры произошел пожар. Больше всего пострадала башня обсерватории. Главные академические секстанты Раунлея и Галлея погибли. Нужны были новые инструменты. Но после отъезда Делиля на обсерватории не было руководителя, только в 1751 г. из Германии на эту должность прибыл Августин Нафанаилович Гришов. Через три дня после своего назначения конференц-секретарем Академии, 18 марта 1751 г., он подал в Академическую канцелярию докладную записку, а 23 марта президент Академии К. Г. Разумовский дал распоряжение о заказе нужного инструмента. Уже 2 апреля Гришов написал письма в Англию, мастеру Джону Берду и Королевскому астроному Джеймсу Брэдли. И уже 7 мая Берд в ответном письме сообщил, что готов взяться за работу и объявил стоимость 8-футового квадранта — 350 фунтов стерлингов, то есть 1750 рублей. Точно такой квадрант Берд изготовил для Гринвичской обсерватории. Посмотрите, насколько оперативно происходило в то время решение научных вопросов, и достаточно оперативно работала международная почта.

Работа над инструментом заняла около года, в июле 1752 г. квадрант был готов, и вскоре привезен в Россию. Однако Гришов считал, что башня академической обсерватории не годится для установки массивного квадранта из-за ее вибраций и несколько лет добивался строительства новой обсерватории. После его ранней смерти новый руководитель обсерватории, физик Ф. У. Т. Эпинус, пытался установить лежавший в упаковке квадрант. Но астрономы Н. И. Попов и М. В. Ломоносов выступили против этого [13, с. 112–

115]. В конце концов, инструмент все же установили в 1796-м г., более чем через 40 лет после его изготовления, когда век квадрантов уже закончился [14, с. 110–111].

В период работы А. Н. Гришова в Санкт-Петербурге упоминаются и другие квадранты. Сам он привез с собой в Россию некоторое оборудование, среди которого имелся большой экспедиционный квадрант, который он использовал в качестве стенного. Для своей домашней обсерватории он запросил в 1754 г. с академической обсерватории квадрант Кальпепера, который и был получен им после ремонта, выполненного мастером Тирютиным [15, с. 288]. После ранней смерти Гришова в 1760 г., среди его имущества был описан также «квадрант господина Ланглуа» [15, с. 343].

А что же русские мастера? Способны ли они были освоить квадрант, самый сложный в изготовлении инструмент XVIII в.? При Академии наук с 1726 г. существовала Инструментальная палата. Мастера, работавшие здесь, производили разные инструменты, в том числе астролябии. Самый большой заказ для Елизаветинского межевания земель достигал двух сотен астролябий! Но квадрант — значительно более точный инструмент! Он предназначен для измерения углов с точностью до одной угловой минуты!

Первое упоминание о такой работе в России мы находим в письме незаурядного горного деятеля на Урале В. Н. Татищева. 16 октября 1737 г. он пишет:

Инструментов ныне вскоре потребно: одну трубу 12 футов, другой шти или семи футов и 2 пендула (маятника — С. М.) хорошей работы; один квадрант не очень малой, с перспективом (со зрительной трубкой — С. М.), чтоб его обороты и все движения были на бесконечных шурупах (с червячными винтами — С. М.), как мне господин Брадле с образца графа Брюса делал... да для усмотрения широты квадрантов против вышеобъявленного в каждую провинцию по одному, или на две провинции одно. И оное мнится выписать из Англии или Голландии [16, с. 263].

Что за мастер был Брадле, к сожалению, неизвестно, но речь идет об использовании сложного червячного привода.

В мае 1740 г. Академия наук, отвечая на запрос Сената о наличии необходимых инструментов, сообщала:

...вышеобъявленных инструментов квадрантов в готовности не имеется, токмо цена оным стоит по 50 рублей; астролябии полуциркульные в отделке имеются, которым цена по 30 рублей [17, с. 78].

Если цена на астролябии не вызывает вопросов, то цена квадранта удивляет. В Англии квадранты стоили в разы дороже, чем более простые геодезические астролябии. Возможно, речь идет о недопонимании трудностей изготовления квадрантов.

Но ремонтом квадрантов Инструментальная палата занималась достаточно часто. Первое упоминание о таком ремонте относится к 1739 г. [17, с. 77]. Особенно часто встречаются такие записи после 1747 г., когда во время пожара на обсерватории были повреждены многие инструменты. Так, в 1748 г. Филипп Тирютин отремонтировал «два астрономических квадранта», в июле изготовил «к прешпективной трубке микрометр»; в августе отремонтировал еще два квадранта. Большинство этих работ Тирютин вел «по по-

казаниям» астронома Никиты Попова [17, с. 111]. При этом он был в ранге подмастерья и получал довольно скромное жалование.

Для того, чтобы доказать, что он достоин звания мастера, Тирютин по личной инициативе изготовил астрономический квадрант и «взнес» его в Канцелярию Академии наук в декабре 1753 г. Квадрант был передан А. Гришову, который уже 21 января 1754 г. дал свою оценку. Похвалив мастера и отметив, что «это здесь [в России] первый такой инструмент», Гришов указал и на некоторые недостатки, которые, однако, могут быть поправлены [17, с. 131–133].

Еще один русский мастер — Николай Чижов — начинал обучение у Тирютина. В 1759 г. перспективный подмастерье был даже направлен для стажировки в Англию. Но вместо отведенного ему года он пробыл за границей 8 месяцев, заявив, что ему уже нечему учиться у «английских художников» [17, с. 172]. После возвращения на родину Чижову предстояло продемонстрировать обретенное мастерство. На чем? Конечно же, на квадрантах! По заданию профессора Эпинуса он должен был изготовить «астрономический квадрант с микроскопом».

Работу Чижов начал в ноябре 1760 г. и закончил в августе 1761-го. Как он позже отчитывался, «издержано» им было «латуни меди 39 фунтов; литейной меди один пуд 15 фунтов; стали 20 фунтов; железа один пуд 15 фунтов» [17, с. 173]. В. Л. Ченакал считал, что эти большие цифры говорят не о размере инструмента, но, скорее, о том, что мастеру пришлось несколько раз переделывать свою работу. Судя по рисунку (см. рис. 3) можно оценить радиус квадранта в стандартные полтора фута.

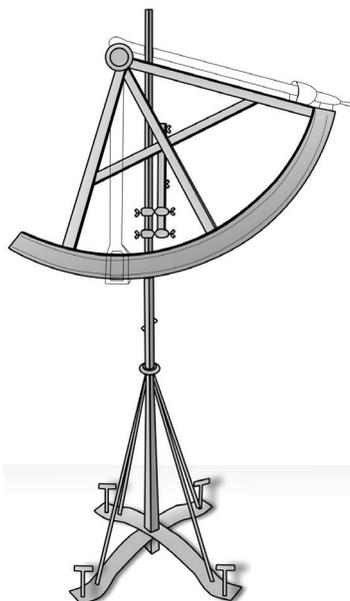
В Академии наук освидетельствование инструмента было поручено профессорам Брауну, Цейгеру, Эпинусу. Отзыв ученых от 10 декабря гласил:

...оной квадрант сделан со всяким прилежанием и что помянутый Чижов, делатель оного инструмента, оказал при этом явное свое остроумие и искусство, ибо оной инструмент во всех своих частях зделан весьма исправно, и поэтому оной Чижов за приобретенное им в металлическом деле по механике искусство во всем достоин быть мастером...

После такого отзыва уже 26 февраля 1762 г. Чижову было присвоено звание «мастера инструментального художества» с годовым жалованием в 300 рублей. До этого он получал 130 рублей [17, с. 175].

После апробации квадрант был передан в астрономическую обсерваторию. Но пробыл он здесь недолго. В 1764 г. по требованию Сената квадрант был продан за 250 рублей (это уже адекватная цена, сравнимая со стоимостью инструментов в Англии) в Межевую экспедицию «для описи лесов в Архангельской губернии». Из этой суммы 60 рублей были выданы мастеру в качестве «награждения» [17, с. 178].

В январе 1763 г. Чижов был назначен руководителем Инструментальной палаты вместо Тирютина. Сообщая в Канцелярию Академии наук перечень выполненных в мае 1763 г. работ, Чижов в их число включил и такую: «в 1753 году зделан квадрант в радиусе фут с половиною. На оном деление положено вновь». Таким образом, Чижов произвел исправление квадранта своего учителя Тирютина, изготовленный 10 лет назад, а мы узнаем, что размер квадранта был достаточно стандартным.



*Рис. 3.* Квадрант Николая Чижова. Прорисовка его собственного незаконченного рисунка

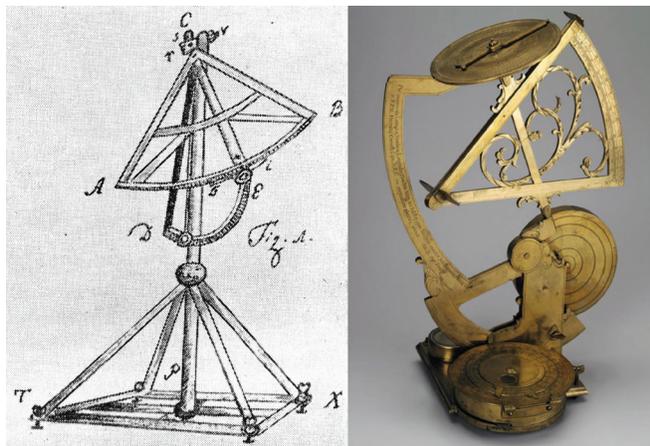
В августе этого же 1763 г. в Инструментальную палату из Межевой экспедиции вернулся на ремонт квадрант самого Чижова, изготовленный им двумя годами ранее. Мастер занимался ремонтом своего квадранта с августа по октябрь. Параллельно этой работе, в сентябре Чижов приступил к изготовлению нового квадранта «в радиусе один фут с половиною». Об окончании работ мы узнаем из сообщения о том, что в мае 1764 г. гравёр Ландкартной палаты Лев Григорьевич Терской по заказу Чижова вырезал на квадранте цифры.

С ноября 1764 г. Чижов взялся за изготовление еще одного, уже третьего квадранта для экспедиции Монетной канцелярии. Работал он над ним до февраля 1765 г. [17, с. 184–188].

С апреля по июль 1766 г. Чижов работал над изготовлением инструментов, включая «квадрант, с двумя зрительными трубками из ясеня» по заказу профессора С. К. Котельникова, которому Сенатом было поручено произвести съемку местности для будущего Волго-Донского канала. Котельников, видимо, по согласованию с мастером, заявил, что изготовить квадрант надобно за шесть недель, «ежели ему другие дела оставить приказано будет». Стоимость квадранта Чижов объявил в 175 рублей, а скорость работы — работой в праздничные дни и «шебашные» (сверхурочные) часы, за что получил в награду 50 рублей [17, с. 199–201]. Из этих сообщений понятно, что Чижов вполне освоил штучное изготовление квадрантов.

Интересовался квадрантом и наш ученый энциклопедист М. В. Ломоносов. В 1761 г. он предложил прибор для определения полуденной линии. В то время для этого принято было наблюдать Солнце на одинаковых высотах до и после полудня. Ломоносов же предложил наблюдать околополярные звезды при их наибольшем удалении от меридиана, в элонгации. В этом поло-

жении расстояние звезды от меридиана равно ее полярному расстоянию. В его приборе на обычный квадрант устанавливался дополнительный секстант (см. рис. 4) [18, с. 62–63].



*Рис. 4.* Инструмент М. В. Ломоносова (слева) напоминает универсальный навигационный инструмент итальянских мастеров В. Коронелли и Б. Фачини, 1697 г., принадлежавший Феофану Прокоповичу (изображение с сайта Государственного Эрмитажа)

Об использовании квадранта сообщается во многих экспедиционных отчетах. Так, в январе 1761-го, астроном Н. И. Попов был направлен в Иркутск для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца. У него имелся малый квадрант Кальпепера радиусом 1,5 фута и 2,5-футовый галлеевский квадрант с микрометром [19, с. 75].

Следующее прохождение Венеры по диску Солнца произошло в 1769 г. Академия наук запланировала 8 наблюдательных пунктов, каждый из которых нужно было снабдить инструментами, в том числе квадрантами. Срочно была организована их закупка в Англии и Франции. Так английский мастер Иеремия Сиссон запросил за 2-футовый квадрант 70 фунтов стерлингов и 7 шиллингов (примерно 350 рублей), а за 2,5 футовый — 105 фунтов (525 рублей). Ввиду важности события были закуплены как минимум пять квадрантов Сиссона, а также один квадрант французского мастера Жака Каниве.

Отсюда же мы узнаем, что квадранты Сиссона имели аж по три трубы (!) —

одну неподвижную, другую движущуюся по лицу квадранта, а третью для измерения углов на плоскости горизонтальной. Все три трубы были ахроматически. Движущаяся труба вместо микрометра имела так называемое деление Нониуса [20, с. 74].

Без квадранта не обходились и наши мореходы в многочисленных плаваниях XVIII в. Упомянем здесь только один отчет о плавании в рамках Великой северной экспедиции. В июле 1734 г. судно под командованием лейтенанта Дмитрия Леонтьевича Овцына двигалось в Обской губе, направляясь на север. Стояла за-

дача: пройти морем до устья Енисея. Но на широте 70 градусов 4 минуты судно попало в сильный шторм, ударами льда оторвало руль. Пришлось поворачивать обратно. Для определения широты судна штурман и геодезист с помощниками каждый день высаживались на твердую землю, где можно было надежно установить квадрант и произвести измерение полуденной высоты Солнца. Место это отмечалось знаком, который можно было разглядеть с моря [21, с. 119].

Упомянем еще один курьезный случай. В рапорте штурманского ученика Герасима Измайлова рассказывается как в сентябре 1778 г. к Алеутским островам прибыли корабли известного мореплавателя Джеймса Кука. Герасим три дня общался с прибывшими «через маячение», а на прощание получил от капитана карту с маршрутом английских кораблей и «для усмотрения высоты солнца квадрант», а также еще и шпагу. За что такая милость? Сам Герасим об этом не пишет, но предположительно от него Кук получил русскую карту окружающих островов. Через полгода, в мае 1779 г. корабли Кука зайдут в Петропавловскую гавань на Камчатке, но уже без командира, который погиб в феврале во время зимовки на Гавайских островах [22, с. 181–188].

### Как пользовались квадрантами

Подробную инструкцию по использованию квадранта составил его родоначальник Жан Пикар в 1671 г. Первое в России описание процесса наблюдений с помощью квадранта встречается в «Арифметике» Л. Ф. Магницкого в 1703 г. В третьей части книги под названием «Обще о земном размерении и яже к мореплаванию принадлежите» автор кратко изложил принципы определения широты места по Солнцу и Полярной звезде, при этом квадрант у Магницкого назывался «региум». К учебнику прикладывались таблицы солнечного склонения на 1701–1728 гг., таблица рефракции и солнечного параллакса [23, с. 187–188]. По этому учебнику обучались в Навигационной школе в Москве первые геодезисты.

Когда Жозеф Николя Делиль прибыл в Россию, он составил инструкцию для наблюдателей и вручил ее своему брату де ла Кройеру в 1727 г. для использования ее в экспедиции. Широта места должна была определяться по измерению солнечных высот днем и высот звезд ночью, как это и было описано у Магницкого. Для определения долгот Делиль привел несколько методов, каждый из которых достаточно сложен. Поэтому Делиль лично обучал русских геодезистов этим методам: 1) метод лунных затмений (иногда неправильно упоминают еще солнечные затмения), 2) явления в системе спутников Юпитера, 3) покрытия звезд и планет Луной. Поскольку все эти небесные явления доступны не каждую ночь, позже, в 1732 г. Делиль добавил в инструкцию 4) метод лунных расстояний. Это был самый сложный для наблюдений метод, но его можно было применять почти каждую ночь, когда видна Луна [9, с. 96].

Не вдаваясь в суть этих методов, отметим, что для определения долгот по движению спутников Юпитера наблюдателям необходимы были громоздкие телескопы длиной от 8 до 16-футов с хорошим увеличением, а также хронометры.

Отчеты наблюдателей по результатам экспедиций 1769 г. [20], позволяют понять методику наблюдений с помощью квадранта. После установкой инструмента работа начиналась с определения цены деления микрометра, высчитывалось, чему равен полный оборот винта микрометра, на котором было нанесено 50 или 100 делений.

Следующая операция по выверке квадранта — это определение «места нуля». Речь идет о том, что оптическая ось неподвижной трубы, жестко скрепленной с нулевым радиусом квадранта, должна также соответствовать нулевому отсчету. На практике она может быть смещена на небольшую величину, достигающую нескольких минут. Это не страшно. Просто эту величину нужно прибавлять (или вычитать) к каждому наблюдению. Поправка эта находится наблюдением удаленного предмета при двух положениях квадранта — в верхнем и нижнем, как это показана в книге Жана Пикара (см. рис. 5).

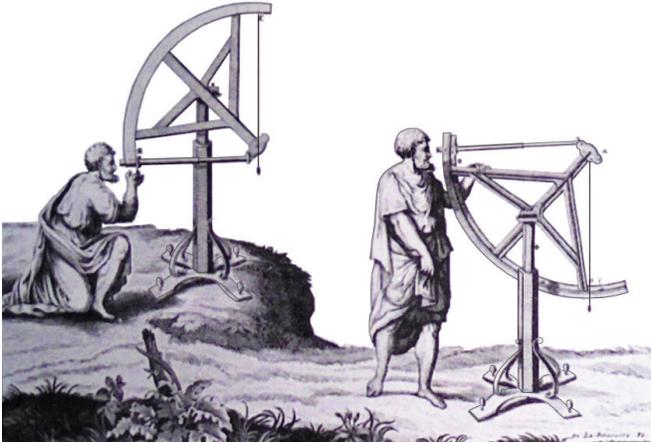


Рис. 5. Репродукция гравюры из оригинального издания книги Жана Пикара «Измерение Земли». Париж, 1671 г.

Поправку можно найти и другим способом — по наблюдению близзенитной (чтобы избежать влияния рефракции) звезды также при двух положениях квадранта. В этом случае придется провести ряд вычислений, чтобы узнать координаты звезды на день наблюдения.

В результатах наблюдений, прежде всего, требовалось учесть рефракцию, то есть влияние атмосферы. Для объекта на высоте выше 45 градусов рефракция составляет меньше одной угловой минуты, и ее можно было в некоторых случаях не учитывать.

Для того, чтобы узнать склонение звезды на дату наблюдений, нужно было взять ее из каталога, а потом ввести три поправки: ускорение, качание и уклонение, как они перечислены в журналах наблюдений. В современных терминах это прецессия, нутация и абберрация. Прецессия была известна с древности, а нутацию и абберрацию обнаружил на основе наблюдений 1727–1728 гг. английский астроном Джеймс Брэдли.

Понятно, что астроном не мог обойтись без справочников. Это мог быть либо французский альманах «Знание движения небес» (например, академик Браун запрашивал у Эйлера из Германии «*Connaissance des temps pour l'Année 1749*»), либо английский «Морской альманах», издававшийся с 1767 г. (а до этого — «*British Mariner's Guide*»). В этих альманахах приводилось склонение Солнца на каждый день года, таблица рефракции Брэдли, восход и заход Луны и Солнца и многие другие необходимые данные.

Хронометры в 1769 г. шли еще не очень стабильно, они могли уходить на несколько секунд за сутки. Чтобы знать точное время, нужно было сверять часы с Солнцем и делать это и до наблюдений, и после. Принцип, на первый взгляд, довольно простой. Хотя его техническая реализация требовала учета большого количества поправок и тематических вычислений. Когда Солнце поднимется на максимальную высоту, это и будет 12 часов истинного солнечного времени. С помощью квадранта Солнце наблюдалось на одинаковых высотах за 2–3–4 часа до и на столько же после полудня. Средний момент двух наблюдений и был временем полудня.

Для мореходов были полезны таблицы восходов и заходов Солнца и Луны. На открытом горизонте легко можно было отметить азимут точки восхода или захода, а от нее уже отмерять азимуты других направлений. Это делалось с помощью горизонтально расположенного квадранта. Такие наблюдения мы находим, например, в судовом журнале бота «Св. Гавриил» за 12 и 18 августа 1728 г. во время плавания Витуса Беринга [24, с. 70–84]. Это был более точный способ, чем применение магнитного компаса.

### Сохранившиеся квадранты XVIII века

Что сохранилось с тех времен, когда активно использовались астрономические квадранты? Автору довелось познакомиться с несколькими книгами XVIII в. и современными статьями на английском языке, хранящимися в библиотеке Ф. Миттерана в Париже. В источниках на русском языке найдены лишь разрозненные упоминания о квадрантах, часть которых приведена в данной статье.

Наиболее полный по настоящее время каталог научных приборов на русском языке содержится в книге, изданной еще в 1968 г. — «Научные приборы исторического значения» [25]. В книге имеется раздел «Квадранты и астролябии», в котором действительно собраны несколько квадрантов, но квадрантов более раннего, чем интересующего нас, времени. Это квадранты радиусом до 20 см с функционалом планиферной астролябии и с соответствующей точностью порядка одного градуса. В разделе «Геодезические и мореходные инструменты» все же приведен один квадрант XVIII в. — это квадрант Кальпепера, хранящийся ныне в музее МИИГАиКа (№1 в табл. 1). Авторы этих разделов — В. Л. Ченакал и З. К. Новокшанова-Соколовская — не уделили должного внимания квадрантам XVIII века.

Из современных книг по истории астрономических инструментов на русском языке наиболее полной является книга В. С. Кусова «Измерение Земли» [26]. Но и здесь между астролябиями и теодолитами зияет явный провал. О квадрантах XVIII в. практически ничего не сказано.

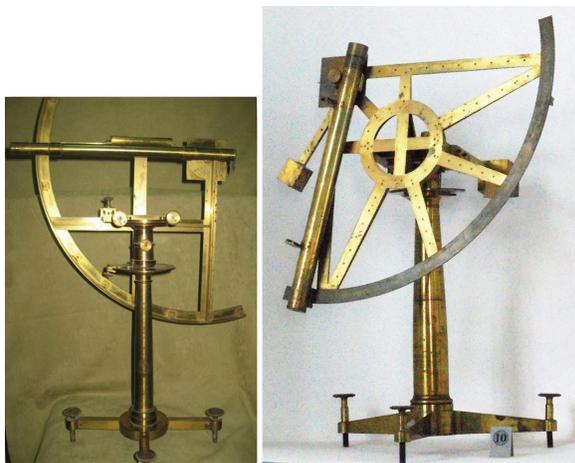
Что касается вещественных источников, то есть самих квадрантов XVIII в., они хранятся во многих музеях мира, преимущественно созданных на базе старинных обсерваторий. Например, в Гринвичской, Парижской, Берлинской обсерваториях... В статье А. Тёрнера [2] перечислены 67 инструментов с их размерами и именами изготовителей. Но это в основном квадранты французских мастеров, осевшие в европейских обсерваториях. Сколько их хранится в Англии и в США трудно даже предположить. Что касается нашей страны, автору известны всего шесть сохранившихся до нашего времени квадрантов. Они приведены в таблице 1.

Два квадранта, произведенные Рамсденом в Англии, имеют одинаковый радиус — 20 дюймов (50 см). Один из этих квадрантов хранится в музее

МИИГАиКа (в настоящее время Московский государственный университет геодезии и картографии) в Москве, второй — в музее МАЭ (Кунсткамера) РАН в Санкт-Петербурге. Оба имеют надпись: Ramsden London, размещенную в середине градусных шкал. Этим шкалам две — 90-градусная шкала и шкала из 96 частей. Каждый градус разделен на 6 частей, т. е. до 10 угловых минут. Каждое деление шкалы из 96 частей разделено еще на 4 части. Подписаны значения шкал кратные пяти. У первого квадранта сохранилась одна труба. Второй, из Кунсткамеры, тоже экспонируется с одной трубой, а вторая труба хранится отдельно. (На фотографии полувековой давности видны обе трубы [27]).

Имеются «ушки» на обратной стороне квадранта, где, предположительно, крепился уровень. Квадрант может поворачиваться на колонне по азимуту, имеется соответствующая градусная шкала, у которой подписано каждое десятое деление. Квадрант из Кунсткамеры сохранил два противовеса. Они нужны для балансировки инструмента по каждой из двух осей — по высоте и по азимуту.

В Национальном музее Республики Татарстан хранится 14-дюймовый квадрант Джона Берда, что подтверждается подписью мастера: J. Bird London. Это тот самый Берд, который сделал большой, 8-футовый квадрант для академической обсерватории в Санкт-Петербурге. Детальные фотографии подобного 12-дюймового квадранта, датированного 1760–1769 гг., этого же мастера представлены на сайте Science Museum Group [28].



*Рис. 6.* Слева: квадрат Джона Берда (Национальный музей Республики Татарстан), справа: квадрат Рамсдена (Кунсткамера).

Практически такой же квадрат Рамсдена, но без противовесов, хранится в музейном комплексе МИИГАиК

В Эрмитаже — два квадранта (рис. 7). Историю одного из них Ченакал связывает с Петром Первым [5, с. 62]. Особенность этого инструмента — квадратное сечение зрительных труб. Второй квадрант напоминает по стилю французских мастеров. На фотографии виден механизм наведения трубы [29]. К сожалению, стойки этих квадрантов не сохранились. Подписи авторов на квадрантах отсутствуют.



Рис. 7. Фотографии квадрантов из Государственного Эрмитажа

Таблица 1. Перечень квадрантов, хранящихся в российских музеях

№ п/п	Радиус квадранта	Производитель и год выпуска	Местонахождение
1	20 дюймов (50 см)	Кальпепер, до 1738	Музейный комплекс МИИГАиК [30]
2	20 дюймов (50 см)	Рамсен, после 1762	Музейный комплекс МИИГАиК
3	20 дюймов (50 см)	Рамсен, после 1762	МАЭ (Кунсткамера) РАН [31]
4	14 дюймов (36 см)	Берд, 1745–1776	Национальный музей Республики Татарстан, Казань
5	18 дюймов (45 см)	(?)	Государственный Эрмитаж
6	20 дюймов (50 см)	(?)	Государственный Эрмитаж

Было бы заманчиво выявить астрономов, которые пользовались тем или иным квадрантом. Например, известно, что французским квадрантом Ланглуа пользовался астроном А. Гришов (до своей смерти в 1760 г.), затем С. Я. Румовский, который около 40 лет заведовал академической обсерваторией. Точно известно, что квадрант Ланглуа был у Румовского во время экспедиции в Селенгинск в 1761 г. и в Кольский острог (ныне город-спутник Мурманска) в 1769 г. В отчете он характеризует свой квадрант: «около двух футов с половиною» [20, с. 62]. Но, увы, этот квадрант не сохранился. А те, которые сохранились, сложно привязать к конкретному историческому персонажу.

Таким образом, данная статья возвращает в научный оборот шесть квадрантов XVIII в., что является существенным дополнением к ранее опубликованным и разрозненным материалам. Автор надеется, что данная публикация поможет музейным хранителям лучше понимать историческое значение этих инструментов и находить им соответствующие места в экспозициях. Предыдущие статьи автора на эту тему были посвящены таким же редким, как квадрант, научным инструментам — планисферным астролябиям [32] и более распространенным и более многочисленным геодезическим астролябиям [33].

Автор выражает искреннюю благодарность за помощь в подготовке статьи сотрудникам музеев: Евгении Михайловне Лупановой (МАЭ Кунсткамера РАН), Инессе Борисовне Полянской (музей МИИГАиК), Григорию Борисовичу Ястребинскому (Государственный Эрмитаж), Алисе Львовне

Вяткиной (Национальный музей Республики Татарстан), а также профессору Томасу Хоки (университет Северной Айовы).

### Источники и литература

1. *Chapman A.* Astronomia Practica: The Principal Instruments and their Uses at the Royal Observatory // *Vistas in Astronomy*. 1976. Vol. 20. P. 141–156.
2. *Turner A. J.* The Observatory and the Quadrant in Eighteenth century Europe // *Journal for the History of Astronomy*. 2002. Vol. XXXIII. P. 373–385.
3. Музей Technoseum, Мангейм, Германия. URL: <https://bawue.museum-digital.de/index.php?t=objekt&oges=856>
4. *Appleby J. H.* Mapping Russia: Farquharson, Delisle and the Royal Society // *Notes and Records of the Royal Society of London*. Vol. 55. No. 2 (May, 2001). P. 191–204.
5. *Ченакал В. Л.* Очерки по истории русской астрономии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951.
6. *Воронцов-Вельяминов Б. А.* Очерки по истории астрономии в России. М.: Гос. изд-во технико-теор. лит-ры, 1956.
7. *Ченакал В. Л.* Проектирование, строительство и оснащение инструментами первой астрономической обсерватории Петербургской Академии наук // *ИАИ*. 1957. Вып. III. С. 429–451.
8. Источники по истории астрономии России XVIII в. Том I. Составитель и переводчик Н. И. Невская. СПб: Наука, 2000.
9. *Невская Н. И.* Петербургская астрономическая школа XVIII в. Л.: Наука, 1984.
10. *Невская Н.И.* Первый русский астроном А. Д. Красильников // *ИАИ*. 1957. Вып. III. С. 453–484.
11. *Ченакал В. Л.* Оборудование астрономической обсерватории Петербургской Академии наук ломоносовского времени // *Астрономический журнал*. 1951. Т. XXVIII. № 5. С. 297–316.
12. *Cook A. H.* Edmond Halley: Charting the Heavens and the Seas. Oxford: Clarendon press, 1998.
13. *Ченакал В. Л.* Астрономические инструменты Джона Берда в России XVIII в. // *ИАИ*. 1960. Вып. VI. С. 54–120.
14. *Павлова Г. Е.* Степан Яковлевич Румовский. М.: Наука, 1979.
15. *Ченакал В. Л.* Малые обсерватории Петербургской Академии наук в XVIII в. // *ИАИ*. 1957. Вып. III. С.с261–428.
16. Василий Никитич Татищев. Записки. Письма. 1717–1750 гг. М.: Наука, 1990.
17. *Ченакал В. Л.* Русские приборостроители первой половины XVIII века. Л.: Ленинградское газетно-журнальное и книжное изд-во, 1953.
18. *Куликовский П. Г. М. В.* Ломоносов — астроном и астрофизик. М.: Наука, 1986.
19. *Невская Н. И.* Никита Иванович Попов. Л.: Наука, 1977.
20. *Румовский С. Я.* Наблюдения явления Венеры в Солнце в Российской империи в 1769 году учиненные... СПб: При Имп. Акад. наук, 1771.
21. *Галенко В. И.* Курс — север. Мурманск: Кн. изд-во, 1978.
22. Русские экспедиции по изучению северной части Тихого океана во второй половине XVIII в. Сборник документов. М.: Наука, 1989.
23. *Галанин Д. Д.* Леонтий Филиппович Магницкий и его Арифметика. М.: Скл. изд-во: кн. скл. «Наука», 1914.
24. Русские экспедиции по изучению северной части Тихого океана в первой половине XVIII в. Сборник документов. М.: Наука, 1984.
25. Научные приборы исторического значения / Редактор-составитель Л. Е. Майстров. М.: Наука, 1968.
26. *Кусов В. С.* Измерение Земли: История геодезических инструментов. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2009.
27. Музей М. В. Ломоносова в Ленинграде / Ред. В. Л. Ченакал. М.; Л.: Наука, 1964.
28. Сайт Science Museum Group, Великобритания. URL: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8398816/twelve-inch-quadrant-by-john-bird-quadrant-optical>
29. Памятники русской культуры первой четверти XVIII века в собрании Государственного ордена Ленина Эрмитажа. Каталог. Л.; М.: Сов. художник, 1966.
30. *Баранов В. Н., Шугаев М. В.* Квадрант // Памятники науки и техники в музеях России. Выпуск 2. М.: Политехнический музей; Изд-во «Знание», 1996.
31. *Лупанова Е. М.* Джесси Рамсен и его приборы в музее М. В. Ломоносова МАЭ РАН // *Мир измерений*. 2014. № 10. С. 61–63.
32. *Масликов С. Ю.* История изучений астролябий в России // *Вопросы истории естествознания и техники*. 2014. № 3. С. 22–33.
33. *Масликов С. Ю.* Как графометр стал астролябией // *ИАИ*. 2016. Вып. XXXIX. С. 152–171.