

ГЕНРИХ КАНН

ПРАКТИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ЧАСОВОМУ ДЕЛУ

Под редакцией
доктора технических наук
Н. Х. Прейнча

Выпуск IV

Издание 2-е, исправленное и дополненное



ОНТИ • НКТП • СССР
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И АВТОТРАКТОРНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ЛЕНИНГРАД

1938

ЛЕНИНГРАД

Четвертый выпуск „Практического руководства по часовому делу“ посвящен регулировке карманных часов. В нем помещены также вопросы-ответы по материалу, изложенному в I—IV выпусках.

Ответств. ред. *И. Х. Прейлич.*

Технич. ред. *Р. С. Певзнер.*

Сдано в набор 8/III 1938 г. Подписано к печати 11/IV 1938 г. Формат бумаги 82 × 110¹/₃₂. Бумажн. листов 1³/₃. Тип. зн. в 1 бум. л. 146 000. Леноблгорлит № 1459. Тираж 5 000. Уч.-авт. л. 5,25. Заказ № 2250.

3-я тип. ОНТИ. Ленинград, ул. Мойсеевко, 10.

1. Общие сведения о регулировке часов

Шестой отдел, представляющий собою более или менее законченное целое, предназначается для часовщиков, имеющих солидную подготовку в часовом деле и стремящихся к усовершенствованию в трудной области точной регулировки карманных часов, но, вместе с тем, получивших в школьные годы только поверхностную математическую подготовку. Предлагаемый материал полезен и необходим, кроме того, и для сотрудников различных учреждений, как то: метеорологических станций, местных управлений мер и весов и т. п., применяющих в своей практике точные часы.

В настоящее время владельцы часов предъявляют к точности их хода значительно более высокие требования, чем лет десять тому назад. Это не удивительно, ибо мы имеем здесь простое следствие широкой популяризации точного времени при помощи радиотелеграфных и радиотелефонных станций.

Искусство регулировать карманные часы представляло собою в течение долгого времени только кропотливые и терпеливые поиски тех наиболее выгодных условий, при которых достигается наилучший ход часов.

Регулировка часов была чисто эмпирической работой, основанной у большинства специалистов в этой области на их опыте.

Только с началом работ Эд. Филипса (известный математик, член Академии наук, родился в Париже в 1821 г.), т. е. с того момента, когда этот выдающийся математик и инженер попробовал приложить к часам принципы научной механики, регулировка часов получила должную основу; благодаря Филипсу стали возможны те прекрасные качества хода часов и хронометров, которые теперь обнаруживаются на хронометрических конкурсах; эти успехи ежегодно растут.

В настоящее время почти каждое обстоятельство регулировки имеет строгую теоретическую основу, и, повидимому, недалек тот момент, когда часы можно будет в высшей степени точно отрегулировать, не испытав их даже на практике. Поэтому необходимо знание выводов теории часового дела, ибо часовщик, основывающийся только на опытных данных, никогда не сможет достичь тех результатов, которые получит часовщик, подготовленный теоретически.

Такое утверждение покажется многим часовым мастерам странным. Но следует припомнить, что конструктор какой-либо машины, например паровоза, может точно определить работу своей машины до того, как под котлом сгорит хотя бы один кусочек угля, что строитель моста заранее в точности знает, насколько прогнется каждая деталь моста под тяжестью поезда и какое давление придется испытать каждому отдельному болту.

При проектах машин или иных больших сооружений всякая сила, всякая зависимость между ними подвергается точному математическому анализу, который учитывает все до последней мелочи, не оставляя ничего на долю случая.

Оставим в стороне вопрос: почему к часам уже давно не попытались подойти так же, как к прочим машинам. Мы констатируем здесь только следующий факт: Филипп добился удивительных результатов благодаря тому, что он приложил к часовому делу законы механики и перенес на спираль (волосок) те же законы упругости и те же формулы, которые он нашел для вагонных пружин.

По плодотворному пути Филиппа последовал Жюль Гроссман, покойный директор Школы часового искусства в Локле. В ряде своих статей он продолжал теоретические работы Филиппа, распространив их выводы на наиболее часто встречающиеся в часовой практике случаи. Он исследовал влияние всякого рода вредных причин, в особенности влияние трения, влияние положения штифтов вилки спирали (на градуснике), влияние спуска и т. п. и точно разъяснил различия в работе цилиндрической и плоской спирали баланса.

Но, к сожалению, как статьи Гроссмана, так и труды Филиппа о спирали требуют для своего понимания высокой математической подготовки. Поэтому мы ограничиваемся здесь только тем, что приводим выводы, полученные в результате этих работ, и там, где возможно, поясняем эти выводы при помощи элементарных приемов.

Приводимые здесь указания для регулировки часов, применимы к любым анкерным часам. Но хорошие результаты хода, подобные тем, которые приведены в качестве примеров. Могут быть достигнуты только при регулировке часов высших сортов с безупречно выполненным механизмом. Часы с посредственным механизмом будут идти лучше чем до этого, но получить приз на конкурсе не смогут.

Существует не мало руководств, которые разъясняют, как следует производить регулировку часов, если последние обнаруживают те или иные колебания хода. Но почти нигде не сказано, каким образом определяется самый ход часов и как следует производить соответствующие наблюдения. Поэтому прежде всего следует дать надлежащие объяснения.

Как уже было сказано раньше, умение регулировать часы постигается настойчивым трудом и прилежным изучением. Умение наблюдать ход часов — только необходимая подготовка к внимательному изучению.

II. Наблюдение за ходом часов

1. Установка правильного показания

Прежде чем начать регулировку только-что вычищенных хороших карманных часов, следует их правильно поставить. При такой установке показания часов можно было бы (как это мы увидим дальше) ограничиться только установкой правильной минуты, так как запись показаний часов все равно производится, но все же обыкновенно предпочитают установить точно и секунды.

Из мягкой папиросной бумаги свертывают небольшую гибкую палочку, осторожно зажимают ее между балансом и какой-нибудь неподвижной частью часов и таким образом останавливают баланс. Необходимо только остерегаться, чтобы не размазать масло, имеющееся на частях спуска. В остальном часам не грозит никакой опасности даже в том случае, если будет задета спираль, так как бумага очень мягка. Затем часы (с остановленным балансом) переворачивают циферблатом кверху, замечают положение секундной стрелки, смотрят на точные маятниковые часы и вытаскивают кусочек бумажки в момент того секундного удара маятника, который нужен, пуская тем самым часы в ход.

В дальнейшем требуется только поставить правильно час и минуту, и на этом работа будет закончена. Заметим, что установку минутной и часовой стрелок можно про-

изводить еще при остановленном балансе. Таким образом мы выгадаем время, так как с пуском баланса часы будут уже окончательно установлены. Для остановки баланса не следует применять ничего другого, кроме описанного кусочка бумаги, хотя опытные люди иногда для этого пользуются палочкой, употребляемой для чистки часов.

Специалист — регулировщик, которому приходится ежедневно устанавливать сотню и более часов, достигает при этом такого совершенства, что производит эту операцию не глядя на баланс и без малейшего риска повредить часы. Начинающему, понятно, не следует этого делать, хотя впоследствии, когда будет получен известный навык, полезно упражняться и в этом способе установки часов. В некоторых случаях полезно при этом применять зеркало, но только не в самом начале обучения — начинающему надо придерживаться наиболее надежного и верного способа с кусочком бумаги.

2. Ошибочные способы установки

Всякие другие способы установки часов, кроме непосредственной остановки баланса, нельзя никоим образом рекомендовать. Совершенно неразумно останавливать часы за секундную стрелку и тем более поворачивать последнюю. При таком способе секундная стрелка вскоре разбалтывается, приподнимается кверху и, наконец, повисает на минутной или часовой стрелках. Это может повести к остановке часов и к перерыву в наблюдениях, которые может быть уже велись в течение нескольких дней. Вместе с этим, разумеется, понижается и ценность таких наблюдений для регулировки. Но здесь возможен еще худший случай, когда освободившаяся стрелка начинает во время наблюдений вращаться на кончике оси секундного колеса. Если это обстоятельство не будет своевременно замечено, то можно безрезультатно наблюдать и регулировать до бесконечности.

При установке часов с помощью поворота секундной стрелки возможен также легкий изгиб кончика оси секундного колеса, что имеет обыкновенно не менее вредные последствия. Действительно, может случиться, что секундная стрелка будет при этом временами задевать за секундный циферблат и вызовет тем самым совершенно непредвиденные и необъяснимые колебания хода. Вообще при всякой регулировке часов надо убеждаться в отсутствии соприкосновения секундной стрелки с циферблатом. Эта предосторожность во многих случаях сэкономит время, так как обычно секундный

циферблат бывает не параллелен нижней платине механизма.

Коротко говоря, секундную стрелку следует привести в надлежащий порядок и в дальнейшем больше не касаться ее. Часы с погнутой, а затем выправленной стрелкой (а это может случиться) производят неблагоприятное впечатление (несмотря на правку, стрелка будет иметь помятый вид).

Иногда стрелочный механизм часов поворачивается на осях настолько туго, что при обратном повороте стрелок баланс останавливается; это используют для установки часов. Подобный прием недопустим, так как при обратном ходе часов масло со спускового колеса попадает на боковые стороны палетт якоря, что в дальнейшем плохо отражается на постоянстве хода часов. На успех в изучении регулировки и записи соответствующих результатов можно рассчитывать только при аккуратной и добросовестной работе. Небрежный подход недопустим в такой тонкой работе, как точная регулировка часов. Заметим при этом, что добросовестное выполнение требует не больше времени, чем небрежное, между тем как первое по своим результатам будет значительно выгоднее второго.

3. Сравнение исследуемых часов с точными маятниковыми часами

Так как крайне редко секундная стрелка установленных часов показывает в точности ту же секунду, что и стрелка точных маятниковых часов, то нам необходимо отметить, какова ошибка этой установки. Делается это таким образом. Мы становимся вблизи регулятора (маятниковых часов), начинаем слушать секундные удары, отмечаясь падение зубцов колеса на покой, и смотрим сквозь лупу на секундную стрелку карманных часов. Даже новичок может при этом без труда заметить, останавливается ли стрелка во время удара регулятора в точности на черточке секундного циферблата, или где-нибудь между ними. При известном навыке он сможет оценить положение стрелки с точностью до 0,1 секунды. Действительно, секундная стрелка типичных карманных часов делает в течение секунды пять маленьких скачков, сообразно пяти колебаниям баланса в этот промежуток времени.¹ Таким образом, если мы ограни-

¹ Физик сказал бы: сообразно пяти полуколебаниям баланса, так как с точки зрения теоретической физики колебанием называется возвращение тела в свое исходное состояние как по положению, так и по направлению движения.

чимся отметкой только остановок стрелки в одном из этих пяти положений, то обеспечим точность отсчета до пятой доли секунды. Если же мы приучимся отмечать и моменты перехода от одного такого положения к другому, то мы тем самым будем улавливать и десятые доли секунды. Мы настоятельно рекомендуем каждому из желающих посвятить себя точной регулировке часов ежедневно практиковаться в таких отсчетах, так как умение производить их окажется в будущем очень полезным. При этом следует обязательно пользоваться лупой, так как без лупы подобный отсчет десятых долей будет по меньшей мере фиктивным. Разумеется, перед отсчетом десятых долей или после него необходимо заметить то целое число секунд, на которое поверяемые часы впереди или позади нашего регулятора. Пусть мы грубо заметили, что в момент нулевой секунды регулятора наши карманные часы были впереди немного больше, чем на четыре секунды, но меньше, чем на пять секунд. Далее, при помощи лупы мы установили, что в момент секундного удара регулятора стрелка карманных часов как-раз перескакивает со своего третьего положения между секундами на четвертое. Это мы оценим как 0,7 секунды. Итак, в общей сложности исследуемые часы впереди на 4,7 секунды.

Отметим еще одно важное обстоятельство. Все эти отсчеты долей секунд следует производить всегда в одном и том же месте секундного циферблата, например, всегда между 0 и 5 секундами, между 30 и 35 и т. п. Как известно, случается очень редко, чтобы даже минутная стрелка в точности останавливалась на всех минутных делениях циферблата в те моменты, когда секундная стрелка стоит ровно на 60 секундах; у секундной стрелки и циферблата эта ошибка, главным образом происходящая из-за внецентричного положения стрелки, бывает еще больше. Поэтому, при несоблюдении описанного правила, в отсчетах возможны ошибки в несколько десятых долей секунды, которые в дальнейшем исказят результат исследования.

Точно так же на отсчете долей секунд сказываются и личные особенности наблюдателя. Если заставить двух людей определить ошибку показаний одних и тех же часов, то каждый из них назовет свой результат и каждый будет прав.

Такие разногласия в отсчетах вызываются личными свойствами наблюдателя. Ведь отсчет состоит в том, что наблюдатель приводит положение стрелки карманных часов, воспринимаемое с помощью глаза, в соответствие со слуховым

восприятием секундного удара регулятора. Передача этих восприятий мозгу, который выводит свое заключение, совершается с помощью нервов, и, следовательно, получаемый результат зависит от скорости нервных реакций. Описанные различия в отсчетах называются личными различиями. Как показал опыт, личные различия хотя и зависят от случайного психического состояния наблюдателя, но, более или менее, сохраняют свою величину и могут быть в случае нужды численно учтены. Разумеется, о личной разности можно говорить только тогда, когда надлежащая практика выработала у наблюдателя достаточную уверенность в отсчетах. При сравнении карманных часов мы отсчитывали их грубое показание (до секунды) в момент нулевого удара маятника регулятора, а затем устанавливали десятые доли секунды точным отсчетом их стрелки в то время, когда она находилась около деления 60. М. Гроссман советует производить сравнение несколько иначе, т. е. прямо отсчитывать секунду регулятора, когда карманные часы показывают 0 секунд. Такой способ, с одной стороны, выгоднее тем, что при его применении наверняка можно избежать влияния ошибок делений секундного циферблата, но зато, с другой стороны, возможны некоторые затруднения при оценке десятых долей секунды. Применение того или иного способа наблюдений есть вопрос привычки, и мы предоставляем каждому из изучающих выбрать из них тот, который ему более по вкусу.

4. Выгоды точного сравнения часов

Нетрудно убедиться, что умение точно отсчитывать часы является крупным преимуществом. Действительно, пусть мы только-что вычистили часы, причем была вставлена новая спираль, поставили их точно и убедились, что часы впереди на 0,4 секунды. Спустя 4 минуты делаем новое сравнение часов. Допустим мы при этом нашли, что часы теперь впереди на 2,2 секунды, т. е. что они за промежуток в 4 минуты ушли вперед на 1,8 секунды. Так как одной секунде разности при промежутках между наблюдениями в 3 минуты, 4 минуты и 5 минут соответствуют суточные изменения ошибки часов в 8 минут, в 6 минут и в 4,8 минуты, то находим, что наши часы в течение суток уходят вперед на $1,8 \cdot 6 \text{ мин} = 10,8 \text{ мин}$, т. е. что требуется отрегулировать длину спирали.

Если бы наши часы, при контрольном сравнении (через 3—5 мин), дали тот же результат, что и при первом, то мы

сделали бы следующее наблюдение, скажем, через час. Пусть мы при этом установили, что часы теперь впереди на 1,9 секунды, т. е., что они ушли за час на 1,5 секунды. При помощи простого расчета мы находим, что они уходят вперед за сутки на 36 секунд, и сообразно с этим регулируем их. В дальнейшем мы отсчитываем их уже через более долгий промежуток, например, через 3 часа, при суточных ходах меньших 10 секунд — минимум через 6 часов или даже через сутки. Но все же каждый раз следует перечислять наблюденное изменение ошибки часов на суточный промежуток, так как только при таком способе мы получим сравнимые между собою числа и без затруднения установим размер того смещения градусника, которое необходимо для точной регулировки хода.

5. Вычисление суточного изменения ошибки часов

Для облегчения подобных вычислений мы даем в конце книги таблицу, которая содержит суточные ходы часов, соответствующие разности их ошибок в одну секунду при промежутках между наблюдениями от 5 минут до 24 часов. Иначе говоря, таблица содержит те числа, на которые надо умножить наблюденную разность, чтобы получить суточный ход.

В первой половине суток эти промежутки расположены через 5 минут, а во второй половине — через 10 минут. Поясним пользование этой таблицей на следующих примерах.

Пример 1. За 1 час часы ушли вперед на 1,5 секунды. Каков их суточный ход? Из таблицы находим на пересечении первой строки сверху и второго столбца (или 13-й строки и первого столбца) множитель 24,00 и множим его на 1,5. Получаем:

$$1,5 \text{ секунды} \cdot 24 = 36 \text{ секунд.}$$

Пример 2. За 8 часов 25 минут часы отстали на 4,7 секунды. Каков их суточный ход?

Из таблицы (6-я строка сверху, 9-й столбец) находим множитель 2,85 и множим его на 4,7 секунды. Получаем:

$$4,7 \text{ секунды} \cdot 2,85 \approx 13,4 \text{ секунды.}$$

Правда, может случиться, что наш промежуток не встретится в таблице, например, если это будет 3 часа 3 минуты. В таком случае можно взять ближайшее значение, имеющееся в таблице, т. е. в нашем примере для 3 час 5 мин (7,78) или даже приблизительно рассчитать множитель, так как искомое значение должно лежать между 8,00 и 7,78 (для

в час 0 мин и 3 час 5 мин). В данном случае такой расчет даст:

$$\begin{aligned}\text{Множитель} &= 8,00 - \frac{3}{5} (8,00 - 7,78) = 8,00 - \frac{3}{5} \cdot 0,22 \approx \\ &\approx 8,00 - 0,13 = 7,87\end{aligned}$$

или иначе:

$$\begin{aligned}\text{множитель} &= 7,78 + \frac{2}{5} (8,00 - 7,78) = 7,78 + \frac{2}{5} \cdot 0,22 \approx \\ &\approx 7,78 + 0,09 = 7,87,\end{aligned}$$

т. е., как и следовало ожидать, в обоих случаях одинаковый результат.

6. Особые случаи при сравнении часов

Итак, при точном отсчете часов и при нескольких наблюдениях мы можем добиться малого хода уже в течение суток, между тем как часовому мастеру, не владеющему этим способом, придется затратить на это чуть ли не неделю. Такой отсчет особенно выгоден тогда, когда приходится сдавать часы сносно выверенными уже спустя 2—3 дня, как это иногда случается. Но, вообще говоря, для хорошей выверки часов нужно не менее двух недель, чтобы иметь возможность произвести наблюдения как в висячем, так и в лежащем положениях, и чтобы иметь возможность произвести необходимые исправления и регулировки не спеша. Заметим, что двух недель хватит только тогда, когда в течение первых 24 часов будет достигнут ход часов, меньший 5 секунд, что при описанном здесь способе не представляет затруднений.

Мы предполагаем, что карманные часы снабжены секундной стрелкой. Но иногда встречаются часы, в которых этой стрелки нет, что затрудняет их сравнение с регулятором. В таких случаях приходится (по указаниям М. Гроссмана) либо наблюдать моменты, когда секундное колесо занимает некоторые определенные положения, либо, в худшем случае, делать отсчет непосредственно с помощью минутной стрелки.

Прежде чем приступить к сравнению часов, устанавливают, при помощи небольшого расчета, делает ли секундное колесо карманных часов один оборот в минуту. Это бывает тогда, когда произведение из чисел зубцов среднего (центрального и промежуточного) колес, деленное на произведение из чисел зубцов промежуточной и секундной трибок, равно 60.

Если, например, среднее колесо имеет 64 зубца, промежуточное 60, а промежуточные и секундные трибки обе по 8 зубцов, то число оборотов секундного колеса (а также и трибки) в 1 час будет равно 60, так как

$$\frac{64}{8} \cdot \frac{60}{8} = \frac{64 \cdot 60}{8 \cdot 8} = 60,$$

т. е. секундное колесо будет делать один оборот в минуту.

Если такое вычисление даст в результате другое число, а не 60, то сравнение часов может быть произведено только при помощи минутной стрелки.

Применяя секундное колесо для сравнений часов, поступают следующим образом: на секундном колесе делают пометку тонким твердым острием или же ставят на нем точку крокусом, смоченным маслом. После этого смотрят сквозь лупу в совершенно отвесном направлении на отмеченную на колесе точку, наблюдают прохождение ее под какой-нибудь неподвижной частью часов, отмечают этот момент и записывают результат сравнения. При этом способе наблюдения сравнения можно производить каждую минуту, а сами моменты отмечаются без труда с точностью до полусекунды. Но все же сравнение часов, имеющих секундную стрелку, идет легче и точнее, так как при известном опыте тут удается уловить и десятые доли секунды.

В самом же неблагоприятном случае, когда у часов нет секундных стрелок и нельзя пользоваться секундным колесом, цель достигается более точным наблюдением минутной стрелки. Часы устанавливают как можно точнее и, вооружившись лупой, наблюдают, когда минутная стрелка перейдет минутное деление циферблата. Этот переход можно отметить с точностью до 1—2 секунд: найденную ошибку сейчас же заносят в запись и наблюдение повторяют ровно через час в ту же самую минуту, что и раньше, так как если взять другую минуту, то на результатах могут сказаться погрешности делений циферблата, которые часто, к сожалению, бывают очень значительны.

7. Автоматические приборы для сравнения и определения хода часов

Потребность в быстром исследовании часов на часовых фабриках вызвала появление различных приборов для скорой регулировки часов. Одним из первых приборов такого вида является «дейтваге» (весы времени). Тикация верных

часов N и испытываемых часов X воспринимаются двумя чувствительными элементами, сходными по устройству с электромагнитными адантерами радио-граммофона. Полученные токи усиливаются и фильтруются при помощи электронных ламповых схем, превращающих отдельные тикания в очень краткие электрические импульсы. Импульс от верных часов N используется для включения некоторого постоянного тока, импульс от часов X — для выключения этого тока. Длительность включенного состояния тока зависит, следовательно, от разности показаний (в долях колебания) — разности фаз сравниваемых часов. Если сравниваемые часы имеют одинаковый ход, то разность фаз не меняется, и стрелка измерительного прибора, показывающего эту разность фаз, будет оставаться неподвижной на каком-то делении шкалы. Если часы X отстают, то разность фаз возрастает (до известного предела), и стрелка измерителя перемещается в сторону больших делений. Если часы уходят вперед, то стрелка измерителя приближается к нулю шкалы. По отзывам конструкторов, с помощью этого прибора суточный ход в одну секунду уверенно отмечается уже спустя 174 секунды (около 3 минут) с момента начала наблюдения, ход в 10 секунд уже через 17 секунд, а ход в 1 минуту даже спустя 3 секунды. Таким образом описанный прибор очень удобен для быстрой регулировки часов. Следует отметить, что часы N , по которым производится выверка часов X , должны быть очень точны. Лучшее всего применять для этой цели маятниковые часы с секундным маятником и промежуточным трансформатором частоты, который в 5 раз увеличивает частоту основных импульсов, получаемых от маятниковых часов.

Цейтгаге выполняется и как регистрирующий прибор. В этом случае на ленте получается зубчатая линия, а о ходе испытываемых часов судят по наклону более пологой части записанного зуба.

Американский прибор — хронограф RZA — устроен несколько иначе: он непосредственно записывает на ленте отдельные тикания спускового механизма часов. Это дает возможность улавливать различные периодические колебания в ходах часов, вызываемые недостатками различных зубчаток.

Более простой американский прибор — «микрометр времени» — выпускается фирмой Генри Паульсен Ко. Тикания нормальных часов N и испытываемых X отбираются здесь при помощи микрофонов, усиливаются и фильтруются. Импульсы

главных часов синхронизируют вращение прозрачного циферблата с делениями. Тикания испытуемых часов освещают на мгновение этот циферблат при помощи вспышки неоновой лампы. Если ходы часов N и X одинаковы, то циферблат при вспышках кажется неподвижным, а если ходы различны — то вращающимся в ту или другую сторону. Два отсчета циферблата, сделанные с промежутком в одну минуту, прямо дают относительный ход часов за этот промежуток времени в сотых долях секунды.

Из описания видно, что все эти новые приборы существенно ускоряют процесс выверки часов. Отметим только, что они пригодны лишь для хороших часов, которые мало меняют свой ход в течение суток.

III. Запись наблюдений и вычисление ошибок и ходов часов

1. Предварительные замечания

Этот раздел, посвященный — как мы видим из заглавия — объяснению способа записи наблюдений, будет в особенности полезен для лиц, слабо знающих математику, которым рекомендуется старательно усвоить предлагаемые здесь правила.

Лицу, знакомому с математикой, мы здесь укажем мало нового, — только научим правильному расположению записей, так как их использование будет ему ясно без дальнейших слов. Не математик сможет здесь воочию убедиться, что наиболее выгодная сторона математического изложения заключается в краткости и ясности его; разумеется, это отнесется к тому, кто овладел таким методом. Для того чтобы пояснить некоторую математическую мысль без помощи математики, требуется невероятно много слов и сопоставлений, и тем не менее такие сопоставления будут большею частью туманны.

Казалось бы, что запись наблюдений и составление таблицы ходов часов — вещь настолько далекая от практики часового дела, что часовщику-практику не имеет смысла этим заниматься. Но, как мы увидим дальше, аккуратная и правильная запись наблюдений сбережет такому практику много труда и времени и не оставит никаких неясностей в поведении регулируемых часов.

Для записи наблюдений следует завести прочно переплетенную тетрадь в $\frac{1}{8}$ листа страниц на 100.

Она может быть либо вовсе чистой, либо линованной в мелкую клетку, что даже более удобно.

2. Условные знаки, сокращающие запись

Для первого опыта записи следует взять свои собственные часы, так как может случиться, что чужие часы придется вернуть именно тогда, когда наблюдения представят наибольший интерес. Кроме того, такая прерванная запись нас ничему не научит. Приводим пример такой первой записи в нашей книге наблюдений.

№ 1. L. G. 135823 (кроме того, замечания по своему усмотрению, как-то: № квитанции, по которой часы приняты, фамилия владельца часов и т. п.):

60. 17.3.29
9 ч 15 м¹
0,0^c —

Эту запись № 1 можно расшифровать следующим образом: 17 марта 1929 г. была впервые записана ошибка показаний карманных часов фирмы L. G. за № 135823, причем мы нашли, что в 9 часов 15 минут эта ошибка была равна 0,0 секунд, т. е. что наши часы были поставлены очень тщательно. Знак — показывает, что часы были затем оставлены в горизонтальном положении циферблатом вверх. Если бы точка находилась под горизонтальной чертой, то это означало бы, что часы оставлены также в горизонтальном положении, но только циферблатом книзу. Как показал опыт, такие знаки нагляднее указывают положение часов, чем сокращенные записи вроде следующих: Г. н. — горизонтальное положение циферблатом вниз, Г. в. — горизонтальное положение циферблатом вверх и т. п., так как подобные записи с помощью букв оказались на практике менее удобными. Ведь нам придется их сначала прочесть, а потом уже представить себе то положение, в котором находятся часы. Между тем условные знаки — сразу вызывают в нашем воображении представление о часах, лежащих циферблатами вверх и

¹ При записи моментов наблюдений мы будем всюду пользоваться двадцатичетырехчасовым счетом часов в течение суток.

промежуток между двумя нашими наблюдениями ушли вперед именно на $4,2^{\circ}$.

С математической точки зрения наша запись неудобна тем, что здесь стоит сокращенное слово «вперед». Правда, само по себе это слово ясно, каждый из нас будет под этим подразумевать следующее: как раз в тот момент, когда секундная стрелка нашего регулятора останавливается на делении 60, секундная стрелка поверяемых часов уже успела продвинуться вперед к $4,2^{\circ}$, т. е. обогнать регулятор на $4,2^{\circ}$. Условимся в дальнейшем в тех случаях, когда часы уходят вперед, писать перед числом знак плюс (+), как это мы привыкли делать, когда мы имеем возрастание некоторой величины. Итак, мы заменяем слово «вперед» знаком плюс. В обратном же случае, когда наши часы отстают, т. е. когда их секундная стрелка еще не достигает 0, в то время как регулятор показывает ровно 60 секунд, будем также условно ставить знак минус (—) и понимать под этим отставание часов. При этих условиях наша запись будет иметь такой вид:

№ 1. L. G. 135823

60.

17.3.29

9 ч 15 м 12 ч 15 м

$0,0^{\circ} -$ $+ 4,2^{\circ}$

Такое применение знаков + и — кажется любому из нас вполне естественным, ибо оно показывает, сколько наши поверяемые часы выиграли или потеряли по сравнению с верным временем маятниковых часов, т. е. показывает ошибку карманных часов. Поэтому такой способ записи укоренился у часовых мастеров.

3. Двойкий способ записи результатов наблюдений

Мы полагаем, что для начинающих более удобен приведенный нами способ записи, так как он более наглядно указывает на ошибку часов, которую регулировщик часов должен устранить. Второй способ записи изложен в главах, посвященных измерению времени, куда мы и отсылаем читателей, интересующегося деталями, а здесь коснемся только сущности этого способа.

Мы нашли, что наши часы впереди на $4,2^{\circ}$, и условились считать ошибкой часов $+4,2^{\circ}$. Астроном, геодезист, моряк в этом случае сказал бы: «поправка карманных часов есть $-4,2^{\circ}$ ». Он при этом подразумевает: я должен отнять от по-

казания часов $4,2^c$, чтобы получить верный момент, который показывает наш точный регулятор. В дальнейшем он интересуется только тем, по какому закону меняется поправка часов, и называет ее суточное приращение ходом часов. Как видно из только-что сказанного, на практике безразлично, которым из этих методов пользоваться. Это только дело привычки. С точки зрения научной практики более удобен второй метод, так как он не оставляет места никаким недоразумениям. Поэтому последний получил такое распространение на всех обсерваториях, в навигационной практике и в геодезических работах, а также у крупных фирм и на фабриках, так как их частые сношения с научным миром потребовали применения однообразного изложения результатов исследований часов, во избежание возможных в противном случае недоразумений. Для регулировщика-практика, в особенности для начинающего, более удобен первый способ, так как он указывает на ту ошибку в часах, которая должна быть устранена.

Итак, мы окончательно останавливаемся на применении первого способа и будем, следовательно, понимать под положительной (+) ошибкой часов то, что они впереди верного времени, а по отрицательной (—) то, что они позади.

4. Вычисление хода часов

Познакомимся теперь полнее с понятием «ход часов» и научимся узнавать по записям ошибок часов недостатки их хода, т. е. научимся читать результаты наблюдений. Пусть мы в течение нескольких дней наблюдали описанные уже карманные часы и получили следующую запись № 2 (дальнейшие подробности для краткости опускаем, а также и отметку моментов наблюдений, так как промежутки между ними составляют теперь ровно сутки, на что указывает цифра 24, взятая в скобки):

$$60. (24) 0,0^c \dot{=} + 2,8^c \dot{=} + 4,2^c \dot{=} + 1,7^c.$$

Запись эта читается так: часы были точно установлены, так что их ошибка равнялась нулю, и положены горизонтально циферблатом кверху. При исследующем наблюдении, спустя 24 часа, обнаружено, что часы впереди на 2,8 секунды. Затем часы только заведены (больше с ними не сделано ничего) и положены циферблатом книзу. Через новые 24 часа найдено, что часы впереди на 4,2 секунды, т. е. их ошибка уже $+4,2^c$.

В дальнейшем они опять заведены, поставлены верти-

кально бюгелем кверху и снова оставлены в покое на новые 24 часа. При последнем наблюдении обнаружено, что они опять-таки впереди, но уже на меньшую величину, так как их ошибка составляла $+1,7^{\circ}$.

Итак, числа нашей записи дают последовательные ошибки поверяемых карманных часов или, иначе говоря, показания секундной стрелки этих часов (подразумевается, что минутная стрелка идет правильно, так как карманные часы регулированы уже достаточно точно) в момент остановки секундной стрелки регулятора на делении 60. Отметим, что и всегда следует записывать именно ошибки показания часов, а не изменения этих ошибок, так как в последнем случае возможны печальные недоразумения. Такие изменения ошибок называют ходом часов, а для того, чтобы разобраться в этом понятии, повторим еще цифры нашей записи № 2:

$$0,0 \div + 2,8 \div + 4,2 \div + 1,7.$$

Такая запись должна непосредственно говорить регулировщику: хорошо ли идут эти часы, в чем заключаются и как велики ошибки их хода. При взгляде на приведенные числа мы можем сказать, что часы в общем идут чуть-чуть скорее, чем это следовало бы, но так как отдельные числа друг к другу близки, то заключаем, что часы регулированы вполне удовлетворительно.

Попробуем теперь разобраться, на какие особенности указывает наша запись, т. е. научимся понимать ее. Раньше мы отметили, что под ходом часов мы подразумеваем изменение их ошибок. образуем такие ходы для нашей записи № 2. От первого ко второму наблюдению ошибка наших часов изменилась от $0,0^{\circ}$ до $2,8^{\circ}$, т. е. возросла на $2,8^{\circ}$. Поэтому мы скажем, что в этом промежутке ход был $+2,8^{\circ}$. Во втором случае она выросла с $+2,8^{\circ}$ до $+4,2^{\circ}$, т. е. изменилась на $1,4^{\circ}$, причем ходу мы опять припишем знак $+$. В последнем случае ошибка изменилась с $4,2^{\circ}$ до $1,7^{\circ}$, т. е. убывла на $2,5$ секунды. Так как возрастание мы обозначаем знаком $+$, то для обозначения убывания нам следует применить знак $-$. Итак, наш последний ход есть $-2,5^{\circ}$.

Кальсация ходов. Выпишем теперь все ходы рядом;

$$+2,8^{\circ}; +1,4^{\circ}; -2,5^{\circ}.$$

Первый и второй ходы близки друг к другу и поэтому мы можем не обращать внимания на некоторую разницу между ними. Второй и третий отличаются не только по величине, но и по знаку. Определим, какова тут разница ходов. Проследим для этого, какое изменение должно было совершиться,

чтобы ход $+1,4^c$, т. е. опережение в $1,4^c$ в сутки, заменился ходом $-2,5^c$, т. е. отставанием в $2,5^c$. Предположим, что часы изменили свой ход в два скачка, а именно сначала до нуля, а затем до $-2,5^c$. Очевидно, что полное изменение хода составляет $1,4^c + 2,5^c = 3,9^c$, так как сначала ход должен был измениться на $1,4^c$ до нуля, а затем еще на $2,5$ до $-2,5^c$. Итак, искомое изменение хода есть $3,9^c$, и мы берем его со знаком минус, так как бывший до этого положительный ход, в результате его изменения, заменился отрицательным. Следовательно, наш вывод: в вертикальном положении часы идут на $3,9^c$ медленнее, чем в горизонтальном. Заметим, что ходы часов в журнале обыкновенно не пишутся и все эти вычисления выполняются в стороне. В журнал заносят только самый результат, хотя, вообще говоря, при должном расположении записи, ходы могли бы с пользой туда помещаться.

Возникает вопрос, что в дальнейшем делать: надо ли регулировать часы так, чтобы ход в положении δ ($-2,5^c$) сравнялся с ходом в положении $\dot{-}$ ($+2,8^c$) или с ходом в положении $\dot{-}$ ($+1,4^c$). Разрешение этого вопроса и представляет наибольшие трудности в деле регулировки часов. Только долгий опыт и тщательное изучение как существующих теоретических указаний, так и ряда собственных наблюдений и регулировок, приучат в каждом отдельном случае поступать наивыгоднейшим образом. Поэтому то мы должны постараться в совершенстве овладеть искусством точного наблюдения и научиться без всякого труда и запинки понимать нашу запись — видеть все недостатки хода часов.

Записная книга регулировщика имеет для него огромное значение, так как она суммирует весь его опыт, и именно в ней он найдет совет и указание при выполнении своей работы. Поэтому мы еще раз обращаем внимание на необходимость тщательного ведения книги и соблюдения всех условий, обеспечивающих долговременную сохранность ее.

Примеры. Приведем еще более полный пример записи в нашей книге:

$$\text{№ 3. } +0,3^c \dot{-} +1,7^c \dot{-} +2,8^c \delta +3,6^c \text{♀} -2,1^c \text{♂} -2,9^c \text{♂} -4,5^c$$

1
2
3
4
5
6

Если бы ходы 1, 2, 3 и т. д. были одинаковы, т. е. если бы ход часов был постоянен и, значит, часы были отрегулированы, то нам оставалось бы так переместить градусник (рюкер), чтобы сделать ход часов равным нулю. Но в этом более сложном примере, где часы наблюдались в шести различных

положениях, как будто еще труднее сказать, какой ход принять за основной, т. е. следует ли регулировать или 1 ход по 3, или 3 по 1, или 3 по 2, 1 по 5 и т. п. Но, как мы увидим из дальнейшего и как нас этому научит опыт, нам со временем будет ясна глубокая внутренняя зависимость одних результатов от других. Нам только надо научиться пользоваться нашими записями, уметь вылавливать из них определенные указания на ошибки хода.

Приведем еще несколько примеров, которые помогут нам при таком изучении.

$$\text{№ 4. } +0,1^{\circ} \overset{1}{-} +0,1^{\circ} \overset{2}{\delta} - 2,5^{\circ}.$$

Первый ход у нас $0,0^{\circ}$, а второй — $2,6^{\circ}$. (При сравнении положительных и отрицательных ошибок часов, точно так же, как при сравнении положительных и отрицательных ходов, следует себе всегда представлять, что изменение ошибки или хода совершается в два приема: сначала до нуля, а затем до соответствующего отрицательного или положительного значения. Например, в данном случае мы имеем изменение сначала на $0,1^{\circ}$, а затем еще на $2,5^{\circ}$, т. е. всего на $2,6^{\circ}$. При таком способе рассуждения мы всегда получим правильный ход и разницу ходов.)

Совершенно очевидно, что вместе с тем и разность ходов наших часов есть также $-2,6^{\circ}$. Итак: в вертикальном положении наши часы дают ход $-2,6^{\circ}$ (отстают на $2,6^{\circ}$), в то время как в горизонтальном этот ход равен нулю. Если бы мы путем смещения рюкера заставили часы идти верно в вертикальном положении, то они, вполне очевидно, должны будут в горизонтальном положении показать ход $+2,6^{\circ}$, т. е. уходить вперед на $2,6^{\circ}$.

Отсюда следствие: всякая регулировка часов при помощи рюкера одновременно сказывается на ходах часов во всех положениях:

$$\text{№ 5. } +0,2^{\circ} \overset{1}{-} +2,9^{\circ} \overset{2}{\delta} +4,4^{\circ}.$$

Наши ходы суть: $+2,7^{\circ}$ и $+1,5^{\circ}$. Второй ход меньше первого на $1,2^{\circ}$. Итак, изменение хода есть $-1,2^{\circ}$ и, следовательно, наши часы в вертикальном положении идут на $1,2^{\circ}$ медленнее, чем в горизонтальном.

Еще пример:

$$\text{№ 6. } +0,4^{\circ} \overset{1}{-} -1,4^{\circ} \overset{2}{\delta} +3,3^{\circ}.$$

Ходы суть $+1,0^{\circ}$ и $+1,9^{\circ}$. Второй больше первого на $+0,9^{\circ}$, т. е. изменение хода есть $+0,9^{\circ}$. Значит, наши часы

идут в вертикальном положении на $0,9^\circ$ скорее, чем в горизонтальном.

Поясним еще раз применение знаков плюс (+) и минус (—) на примере нескольких отсчетов термометра. Здесь каждый из нас привык отождествлять тепло с положительными температурами, т. е. с температурами выше нуля, а холод — с отрицательными температурами, ниже нуля.

Допустим, что мы имеем такой ряд отсчетов термометра, произведенных в смежные дни:

$$+12^\circ, +17^\circ, +21^\circ, +15^\circ, +3^\circ, -5^\circ, -2^\circ.$$

Как мы видим, в первые два дня температура поднималась, мы имеем приращения: $+5^\circ$, $+4^\circ$. Затем она начала падать, наши убывания суть -6° , -12° , -8° , т. е. $-(3 + 5)^\circ$, но сначала все же термометр оставался выше нуля и только за предпоследние сутки столбик ртути в термометре опустился ниже нуля. За последние же сутки хотя температура и продолжала оставаться ниже нуля, но все же, так как столбик поднялся на 3 градуса, т. е. температура повысилась, наше изменение есть $+3^\circ$.

Из этого простого примера мы видим, что знак плюс показывает некоторый избыток, а знак минус — некоторый недостаток. Вместе с тем мы сопровождаем этими знаками численные значения наших изменений для того, чтобы показать, возрастает ли или убывает наш избыток, и убывает ли или возрастает наш недостаток.

Во всяком случае приведенная аналогия всегда поможет разобраться в каком угодно случае записи ошибок часов.

5. Наблюдения для проверки изохронизма

Практика точной регулировки часов требует не только регулировки в различных температурах, но и достижения изохронизма баланса. Слово «изохронизм», взятое с греческого языка, означает, что как малые, так и большие размахи баланса совершаются в одинаковые промежутки времени, т. е., иными словами, изохронизм требует, чтобы длительность больших размахов не была больше длительности малых размахов, и наоборот. Балансы карманных часов делают в течение суток различные размахи, сначала большие, когда часы только что заведены, а затем меньшие, когда завод приходит к концу.

Наличие изохронизма есть важнейшее условие, которому должны удовлетворять хорошие карманные часы, а потому следует всегда убеждаться, при помощи наблюдений,

действительно ли большие размахи совершаются в такой же промежуток времени, как малые.

Мы дадим здесь пример записи ошибок часов, в которой предусмотрено изучение изохронизма, и именно таким образом следует вести запись наблюдений над регулируемым часами.

Все наши предыдущие примеры были, поэтому, *неполны*, и эта неполнота вызвана только необходимостью постепенного, шаг за шагом, изучения искусства регулировки.

Итак полная запись будет:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{№ 7.} & +0,1^{\circ} & \div & +1,0^{\circ} & \delta & +1,1^{\circ} & \\ & & & +0,3^{\circ} & & +1,0^{\circ} & \end{array}$$

Здесь под знаками положений помещены еще промежуточные наблюдения. Это значит, что наблюдения производились уже спустя каждые 12 часов, хотя часы продолжали оставаться в каждом из положений ровно сутки. Очевидно, что такие наблюдения дают ходы как для первой половины суток, когда размахи баланса больше, так и для второй половины суток, когда его размахи меньше.

Полусуточные ходы в первом положении (\div) суть: $+0,2^{\circ}$ и $+0,7^{\circ}$, и значит изменение полусуточного хода, вызванное неполным изохронизмом, есть $+0,5^{\circ}$. Во втором положении (δ) ходы: $+0,0^{\circ}$ и $+0,1^{\circ}$, и ошибка изохронизма есть $+0,1^{\circ}$. Итак, мы здесь не только обнаружили неполный изохронизм, но, кроме того, нашли, что эта ошибка различна в этих двух положениях.

Представим себе, что наш ряд наблюдений № 3 дополнен еще наблюдениями для контроля изохронизма, т. е. что мы имеем такую запись:

№ 8. L. G. 135823

60. 17.3.29.

9 ч 15 м и 21 ч 15 м

$$\begin{array}{ccccccc} +0,3^{\circ} & \div & +1,7^{\circ} & - & +2,8^{\circ} & \delta & +3,6^{\circ} & \varphi & -2,1^{\circ} & \alpha & -2,9^{\circ} & \omega & -4,5^{\circ} \\ & & +0,9^{\circ} & & +2,2^{\circ} & & +3,1^{\circ} & & +0,2^{\circ} & & -2,5^{\circ} & & -3,9^{\circ} \end{array}$$

Каждого начинающего регулировщика такой ряд, без сомнения, запутает, так как проблема сопоставления отдельных ходов становится на первый взгляд еще более сложной, ибо *присоединились еще промежуточные данные для испытания изохронизма*. Но на самом деле это, как мы увидим дальше, не так, ибо именно ничтожные различия в ошибках изохронизма в разных положениях послужат нам путеводной нитью при регулировке часов.

6. Полная поверка часов при комнатной температуре

Вместе с тем заметим, что и запись № 8 не будет достаточно полной; так как для исключения случайных колебаний ходов часы наблюдаются в каждом из положений в течение 3 или 4 дней, и мы получим, например, такие числа:

$$\begin{aligned} \text{№ 9. } & 0,3 \div + 1,8 \div + 3,1 \div + 4,7 \div + 5,7 \div + 6,8 \div + 7,8 \\ & + 0,9 \quad + 2,4 \quad + 3,8 \quad + 5,1 \quad + 6,2 \quad + 7,3. \end{aligned}$$

Все получаемые таким образом ходы должны быть друг с другом сопоставлены, причем ходы, наблюдаемые в одинаковых условиях, следует объединять в арифметические средние, которые будут точнее, чем отдельные единичные ходы.

Приведем такие вычисления для нашего примера № 9 и выпишем для этого соответствующие полусуточные ходы и их средние:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ половина } \div + 0,6; + 0,6; + 0,7; \text{ среднее} = + 0,63^{\circ} \\ 2 \text{ " } \div + 0,9; + 0,7; + 0,9; \text{ " } = + 0,83^{\circ} \\ 1 \text{ " } \div + 0,4; + 0,5; + 0,5; \text{ " } = + 0,47^{\circ} \\ 2 \text{ " } \div + 0,8; + 0,6; + 0,5; \text{ " } = + 0,57^{\circ}. \end{array}$$

Средние арифметические из отдельных ходов получаются очень просто: для этого надо сложить все числа, которые входят в это среднее, и разделить эту сумму на число складываемых, например, для первой строчки это будет:

$$\frac{+ 0,6 + 0,6 + 0,7}{3} = \frac{+ 1,9}{3} \approx + 0,63.$$

В нашем случае можно сказать, что изохронизм часов вполне удовлетворительный. Получим теперь суточные ходы в каждом из положений. Очевидно, что для этого нам достаточно сложить полусуточные ходы каждой из двух половин суток т. е. мы имеем:

$$\begin{array}{ll} \text{для положения } \div : & + 0,63^{\circ} + 0,83^{\circ} = + 1,46^{\circ} \\ \text{" " } \div : & + 0,47^{\circ} + 0,57^{\circ} = + 1,04^{\circ} \end{array}$$

или за округлением $+ 1,5^{\circ}$ и $+ 1,0^{\circ}$. Разница между ними есть $- 0,5^{\circ}$, т. е. часы в положении \div идут на $0,5^{\circ}$ медленнее, чем в положении \div . Итак, наблюдение за ходом часов длится вообще говоря, долго: целые недели могут уйти на это. Часы, при таком исследовании, никогда не останавливаются для установки их верного показания, а только продолжают регулярную запись их ошибок. Здесь мы еще раз подчеркни-

раем, что следует записывать ошибки, но не ходы. Последнее мы образуем только впоследствии — при изучении нашей записи.

Еще одно важное указание для выполнения наблюдений над часами. При их первой установке следует тщательно следить, чтобы показания минутной стрелки совпадали с показаниями секундной, т. е. чтобы минутная стрелка стояла на черточке минутного деления в тот момент, когда секундная стрелка указывает на 60. При несоблюдении этого правила могут возникнуть затруднения при определении ошибки часов — иногда мы не сможем сказать, впереди ли они или позади.

Скажем еще несколько слов о ведении записной книги, этого архива регулировщика. Все записи следует производить в ней мелкими четкими цифрами и соблюдать наимозможнейший порядок. Только при этом условии возможен быстрый и полный обзор всех наблюдений.

Большинство регулировщиков предпочитает писать свои наблюдения в строку и не заносить туда ничего кроме ошибок часов и конечных выводов, например: часы идут в вертикальном положении — $3,5^\circ$ (т. е. на $3,5^\circ$ медленнее, чем в горизонтальном).

Нельзя ничего возразить против записи наблюдений (т. е. ошибок часов) столбцами и помещения в журнал также и самих ходов часов, записываемых также столбцами в соответствующих промежутках между наблюдаемыми ошибками. При таком расположении запись, пожалуй, приобретает еще более наглядный характер, а для помещения выводов остается достаточное место.

Мы раньше рекомендовали, да и теперь рекомендуем, применять при записи ошибок и ходов часов знаки $+$ и $-$. Это намного увеличивает наглядность такой записи и облегчает ее обзор. В крайнем случае, если начинающему это чрезмерно трудно, он может заменить их сокращенными словами: *вп.* (впереди), *поз.* (позади).

Не следует думать, что наши примеры записи № 8 и 9 настолько обширны и растянуты, что в них никто не сможет разобраться. Наоборот, такая полная запись прямо говорит опытному регулировщику, в чем недостатки данных часов, и ни одна малейшая неисправность не ускользнет от его внимания. Кажущаяся потеря времени на выполнение долгих наблюдений окупится для него страницей, так как он сможет сразу устранить несколько различных причин, вызывающих неправильность хода часов.

При изложении результатов исследования ходов часов нередко прибегают к графикам. При этом пользуются клетчатой бумагой или какой-либо другой сеткой взаимно перпендикулярных прямых. По горизонтальной линии откладывают обычно в произвольно принятых единицах время или температуры, а по вертикальным — соответствующие им ходы, а иногда и ошибки часов. Общий характер изменений ходов часов представится таким графиком еще более наглядно, чем таблицей ходов, но численные значения изменений удобнее находить по непосредственным записям. Научиться пользоваться графиком крайне легко, для этого достаточно попробовать начертить результат какого-либо исследования часов.

IV. Подготовка часов к регулировке

1. Путь к достижению точной регулировки часов

Как мы уже упоминали раньше, наша книга предназначена главным образом для часовщиков-практиков. Поэтому она содержит только общедоступные указания и объяснения. Тех, кто желает более глубоких математических объяснений приведенных здесь результатов, мы отсылаем к книге L. Lossier «Etude sur la théorie du réglage des montres. suivie d'indications et d'exemples pratiques». Genève, 1890, а также к оригинальным работам Эд. Филипса и Ж. Гроссмана.

Задача получения точно отрегулированных часов, очевидно, связана с изохронизмом системы баланс и спираль. Если бы нам удалось построить такие баланс и спираль, колебания которых оставались бы изохронны при любых внутренних и внешних условиях, а также не зависели от температуры, то задача была бы полностью разрешена. К сожалению, таких балансов и спиралей не существует, и внешние причины (например, влияние спуска) в некоторых случаях могут изменять длительность размаха даже при условии, что угловая величина размаха остается неизменной.

Но это будут исключения. Вообще говоря, можно считать, что колебания хода часов сопровождаются соответствующими изменениями амплитуды баланса. Поэтому неудивительно, что большинство регулировщиков стремилось достичь хорошего хода часов путем устранения причин, вызывающих перемены в амплитуде баланса. Именно по этой причине в хронометрах стали применять улитку для достижения постоянства движущей силы — действия упругости

пружинны, и были изобретены спуски с постоянным передаваемым импульсом.

Все эти изобретения имеют целью сохранить возможно большее постоянство амплитуды. Ту же цель преследуют попытки уравнивать трение в вертикальном и горизонтальном положениях путем тщательной шлифовки кончиков и плоского затачивания оснований кончиков.

Многие регулировщики пользуются этим или подобными способами и поныне, так как иногда им удавалось достичь при этом хороших результатов хода часов на протяжении нескольких недель, пока не успело спуститься масло. Очевидно, что такая фиктивная регулировка, имеющая целью только получение хорошего свидетельства за 6—8-недельный период испытаний, не отвечает сути дела. Все современные теоретические познания о часах с полной очевидностью убеждают нас в обманчивости подобных способов регулировки, так как их обоснование в корне неверно.

Во-первых, постоянство амплитуды баланса не обеспечивает еще постоянного хода часов, а, во-вторых, абсолютное постоянство амплитуды, вообще говоря, и не может быть достигнуто никакими способами.

Иногда, правда, на протяжении короткого промежутка как будто бы постоянство амплитуды и достигается. Но это бывает обыкновенно сопряжено с потерей других выгодных условий работы, т. е. такая регулировка часов недолговечна.

Итак, точная регулировка часов с помощью подобных средств невозможна, и в настоящее время ни один подготовленный хронометрист и часовщик не будет их применять в своей практике. Теперь стараются не иметь никаких предвзятых мнений о возможных колебаниях хода часов, вызванных изменениями в амплитуде баланса. Наоборот, стараются добиться возможно большего изохронизма колебаний баланса при различных амплитудах. Это достигается, с одной стороны, путем возможного уменьшения внешних влияний, а с другой стороны — путем их взаимной компенсации.

Если нам при этом действительно удастся достичь изохронизма (в определенных пределах амплитуд баланса), то мы можем быть вполне уверены, что регулировка будет держаться до тех пор, пока амплитуды баланса будут колебаться в установленных нами пределах. Даже сгущение масла и вызываемое этим ослабление импульсов, передаваемых балансу, не будет иметь вредного влияния, так как колебания нашего баланса изохронны в известных пределах амплитуд.

Основной принцип точной регулировки часов заключается в достижении возможного изохронизма колебаний баланса, и мы, таким образом, получаем следующее основное правило для работ регулировщика.

При регулировке точных часов необходимо их испытывать при возможно больших пределах амплитуд и вносить в механизм исправления до тех пор, пока будет достигнуто постоянство хода в заданных нами пределах амплитуд баланса.

2. Общие требования к механизму точных карманных часов

На успех при точной регулировке карманных часов можно рассчитывать только тогда, когда весь их механизм будет ствечать этой цели. Поэтому, прежде чем их регулировать, надо в этом убедиться. В частности, спуск должен быть тщательно исследован на соответствие всех его частей с теоретическими данными. Баланс должен быть тщательно уравновешен и выправлен, а именно, он должен быть перпендикулярен валику, и его обод должен располагаться по кругу. Требуется, чтобы ролька спирали была довольно высока (около 2 мм) и изнутри притерта при помощи крокуса на конус, точно так же, как и соответствующая ей часть оси баланса.

При этом необходимо, чтобы оба конуса соответствовали друг другу, в противном случае ролька будет сидеть не прочно и расстраивать тем самым регулировку часов.

Требуется также, чтобы нижние края рольки как изнутри, так и извне были довольно сильно закрутлены, а прорез в рольке для пружины был по возможности тонок. Это облегчит посадку и снятие рольки, защитит спираль от повреждений, а узкий вырез в рольке не расстроит равновесия баланса.

Спираль должна быть правильно посажена, как это нами дальше указывается; при выборе спирали необходимо сообразоваться с самим механизмом часов, считаясь с тем, что спираль большего диаметра сильнее отзывается на всякие внешние толчки. Желательно, чтобы диаметр спирали не превышал половины внешнего диаметра баланса.

При полном заводе часов размахи баланса не должны превышать 630° ($1\frac{3}{4}$ оборота), а при самом слабом — не должны быть менее 400° ($1\frac{1}{6}$ оборота), так как в первом случае возможно перекидывание баланса при носке часов, а во втором малая амплитуда не позволит выполнить точную регулировку.

Малая амплитуда баланса является обыкновенно следствием различных неправильностей в спусковом механизме, чрезмерной инерции спускового колеса или якоря и вилки и даже ошибочного зацепления зубчатых колес. Последний недостаток можно без затруднений обнаружить по периодическим изменениям в амплитудах баланса.

В некоторых случаях, когда исследование механизма не подтвердит ни одного из этих предположений, приходится либо устанавливать более тугую заводную пружину (что более желательно), либо облегчать баланс (что менее выгодно).

В следующих параграфах остановимся несколько подробнее на двух наиболее часто встречающихся практических работах, из которых по крайней мере одна обычно предшествует всякой точной регулировке часов. Здесь мы имеем в виду: 1) выправление погнутого компенсационного баланса и 2) уравнивание баланса.

3. Выправление погнутого баланса

При выправлении погнутого компенсационного баланса крайне удобен способ, предложенный старшим преподавателем школы часового искусства в Гласхютте А. Гельвигом, а потому опишем его и те приспособления, которыми при этом следует пользоваться. Неправильности в фигуре баланса легко заметить, применяя небольшой эйгрифциркуль. Баланс устанавливается в эйгрифциркуле таким же точно образом, как колесо: при испытании правильности его сцепления с трибкой. При такой установке необходимо, чтобы одно острие эйгрифциркуля ходило очень легко. Это облегчает быструю установку баланса, а главное предохраняет кончики его оси от повреждений. Одно из свободных острий эйгрифциркуля (разумеется, его тупой конец, снабженный центром для кончика оси) устанавливается достаточно близко от обода баланса. Если баланс бьет, то это немедленно обнару-

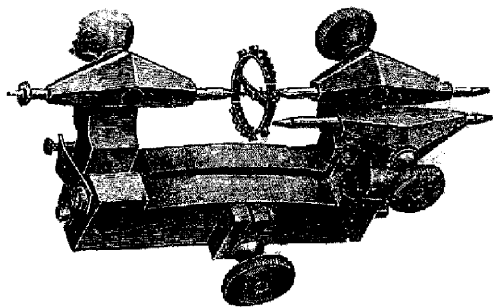


Рис. 398. Поверка баланса в эйгрифциркуле.

Если баланс бьет, то это немедленно обнару-

жится по изменению узкого промежутка между ободом и этим острием. На рис. 398 показан специально приспособленный для испытания балансов эйнгрифциркуль; для этой цели у него спилена одна из щек. На одном из острий-держателей, кроме того, насажено колечко с зажимным винтом. Это колечко может быть зажато в любом месте держателя; оно служит упором при быстрой установке баланса в прибор. При применении такого упорного колечка нет надобности постоянно следить, чтобы баланс не был зажат между остриями слишком туго или, наоборот, слабо. Это достаточно сделать для данного баланса один раз, а затем он будет устанавливаться автоматически. Из описанного вполне очевидно, что такой эйнгрифциркуль крайне удобен в работе.

В некоторых случаях, когда баланс сделан из мягкого материала и когда он прочно сидит на оси, правку обода можно выполнять в самом эйнгрифциркуле. Острия эйнгрифциркули должны быть в этом случае снабжены приспособлениями для защиты кончиков оси от поломки. Но все же, при хороших балансах из твердого материала, описанный прием применять не рекомендуется.

Вообще говоря, главное удобство такого эйнгрифциркуля, по сравнению с рундлауфциркулем, очевидно. При применении рундлауфциркуля каждая установка требует большой осторожности. Неправильная оценка сопротивления шарниру рундлауфциркуля может легко повести либо к порче кончика оси, либо к чрезмерно слабому его зажиму. Кроме того, при каждой установке необходимо заново прикладывать линейку, по которой оценивают: бьет ли баланс или нет. В описанном эйнгрифциркуле таких недостатков нет.

При правке баланса прежде всего смотрят на места обода у спиц. Если один край выше другого, т. е. если одна спица выше другой, то ее соответствующим образом изгибают. Такое изгибание можно использовать и в том случае, если требуется весь обод слегка повысить или понизить.

Затем следует убедиться, лежит ли весь обод в одной плоскости. Если этого нет, то прежде всего выправляют ту половину обода, на которой эта ошибка более заметна. Начинать следует опять-таки со спиц, так как обычно они бываю скручены. Эту вторую ошибку исправляют точно так же, как и первую, при помощи специальных щипцов (рис. 399) с одним или двумя носиками из мягкого металла (например, латуни). Скрученную спицу захватывают этими щипцами вблизи валика баланса и выправляют путем осторожного поворота, захватив обод пальцами у самой спицы. Вместе

пальцев можно пользоваться вторыми щипцами, но все же первое предпочтительнее, так как пальцы не оставят никаких вмятин, да и осызание будет использовано в полной мере. Обычно после такой правки весь обод баланса лежит в одной плоскости. Если же этого нет, т. е. если изогнуты одна или обе половинки обода, то правят и их. Баланс при этом держат щипцами за спицу близ самого обода, так как при захвате у валика спица несомненно будет опять свернута, ибо, вообще говоря, спица поддается легче, чем обод; за самый обод захватывать щипцами ни в коем случае нельзя.

Добившись плоскостности обода, приступают к выправлению его по кругу. Здесь прежде всего смотрят, одинаково ли расстояние мест крепления обода от оси, т. е. одинаковы ли длины обеих спиц. Если этого нет, то либо вы-



Рис. 399. Щипцы для правки баланса.

правляют по кругу каждую из половинок отдельно, либо путем изгибания придают им такую форму, при которой достигается плавный переход от одной половины к другой. В этой части работы пользуются щипцами для правки спиралей, щеки которых выложены слоновой костью, деревом или вулканизированной фиброй. Ни в коем случае нельзя тут пользоваться твердыми с острыми закраинами стальными щипцами для спиралей, так как при этом несомненно будут повреждены и обод, и винты-грузики. Кроме наружной порчи такие щипцы вызовут еще внутренние натяжения, которые в дальнейшем будут выравниваться. А это значит, что в будущем ход часов покажет колебания и скачки. В лучшем случае могут быть применены мягкие латунные щипцы для спиралей.

При правке обода по кругу можно пользоваться либо двумя описанными щипцами, либо, — еще лучше, — одними щипцами и пальцами. В этом случае щипцами захватывают за то место, где обод еще хорош, и гнут пальцами по мере надобности остальную часть.

Выполнив эту работу, проверяют еще раз плоскостность обода, подправляют, если нужно, и на этом работа заканчивается.

Заметим, что при правке баланса нет никакой надобности вывинчивать из обода винты-грузики. Опыт показывает, что после установки винтов в свежес выправленный обод последний не сохраняет приданную ему форму и требует новой правки.

После всякой правки необходимо убедиться, прочно ли сидят в обода винты-грузики и не расстроилось ли равновесие баланса. Если последнее действительно случилось, то исправляют и этот недостаток. Что при этом сделать, т. е. утяжелить ли одну сторону или облегчить другую, судят по положению регулировочных винтов. Если последние сильно вывинчены, то, разумеется, следует баланс утяжелить, так как иначе при последующей регулировке это может повести к затруднениям.

При известном навыке вся работа по правке и уравниванию баланса совершается в несколько минут.

Ход работы при правке баланса, — работы, которую большинство считает очень трудной, — легче всего уяснить себе, если сопоставить ее с исправлением погнутой спирали. Выправление спирали точно также начинают с центра и систематически идут дальше лишь по достижении безукоризненной формы каждого отдельного кусочка, а ни в коем случае не начинают с любого попавшегося места. Выправление баланса начинают со спиц, затем переходят на обод и систематически выполняют всю работу, все время проверяя, что получается и сохраняет ли исправленное место безукоризненный вид.

4. Уравнивание баланса

Как известно, баланс должен быть тщательно уравновешен, т. е. центр его тяжести должен лежать на оси вращения. Если этого нет, то ход часов показывает различного рода изменения, в зависимости от того, где будет находиться центр тяжести баланса, приведенного в состояние покоя: над, под или сбоку от оси вращения баланса. Для испытания уравновешенности баланса применяется следующий прибор, называемый балансной стоечкой или балансными весами. Балансная стоечка состоит из двух параллельных, прямых и горизонтально установленных ножей, изготовленных из металла или сапфира. Баланс укладывается на эту стоечку таким образом, чтобы он мог свободно вращаться, опираясь на кончики осей.

Для наибольшей чувствительности и точности прибора необходимо, чтобы кончики осей не встречали ни малейшего со-

противления при катании по ножам. Поэтому эти последние должны быть тщательно отполированы и очищены от всяких следов пыли, чтобы катание баланса ни в коем случае не замедлялось скольжением. Вследствие этого непригодны ножи, имеющие хотя бы самые незначительные выбоинки или искривления. Весь прибор устранивается так, чтобы его можно было без затруднения устанавливать горизонтально, например, при помощи винтов, а также так, чтобы ножи можно было легко устанавливать на любых друг от друга расстояниях. Только в таком виде прибор будет удобен для пользования и позволит выверять балансы со всевозможными длинами осей.

Ножи не следует заострять, так как при этой их форме легко могут образоваться выбоинки от резких установок баланса. Наоборот, им нужно придавать полукруглое сечение (рис. 400), подходящее к коническому сужению кончика баланса; даже полировка самих ножей производится в направлении, параллельном их оси.

С балансной стоечкой следует обходиться с наибольшей осторожностью и тщательно предохранять от падения на ножи какого-нибудь предмета. Перед употреблением стоечки рекомендуется провести по ножам кожаным напильником, чтобы устранить всякие следы пыли. При пользовании стоечкой испытываемый баланс кладется на ножи, а затем прибор приводится в точно горизонтальное положение. Последнее достигается тогда, когда баланс одинаково легко катится как в одну, так и в другую сторону. Затем при помощи кисточки заставляют баланс медленно вращаться и несколько раз наблюдают его остановку. Если баланс всюду останавливается без малейших качаний, значит он уравновешен правильно. В правильности равновесия можно также убедиться при помощи легчайших толчков, которые сообщают балансной стоечке.

Такой способ испытания балансов весьма точен. Если руководствоваться теми правилами, которые были только-что изложены, то можно даже заметить всякие ошибки в фигуре кончиков осей, если они существуют. При испытании компенсационных балансов последние не следует непосредственно трогать руками, так как часть обода баланса может при этом нагреться и вызвать кажущуюся ошибку равновесия. Если все же пришлось коснуться биметаллического обода баланса.



Рис. 400. Сечение ножа балансных весов.

то перед испытанием следует выждать некоторое время, чтобы все части баланса приняли одинаковую температуру.

Но уравнивание баланса еще не гарантирует, что это равновесие сохранится после установки на балансе рольки спирали, так как последняя вследствие своей неправильной формы не может быть хорошо уравновешена. Поэтому может случиться, что общий центр тяжести точно уравновешенного баланса и надетой на него рольки спирали не будет лежать на оси вращения баланса и вызовет колебания в ходе часов в зависимости от их положения.

Такого рода ошибка может быть выявлена только по вызываемым ею следствиям. Размеры и род возможных изменений в ходах часов с такими не вполне уравновешенными балансами мы поэтому изложим в одном из следующих параграфов, посвященных количественному обзору причин, нарушающих ход часов, а теперь перейдем к изучению регулировки часов в температурах, так как всякую регулировку часов начинают именно с этой задачи.

V. Температурная компенсация часов и ее регулировка

1. Влияние температуры на ход часов

Размеры и свойства всяких предметов, в особенности металлических, заметно меняются с изменениями температуры. Поэтому неудивительно, что и ход часов зависит от состояния и перемен окружающей их температуры и притом в столь сильной степени, что подобные колебания хода часов во много раз превосходят влияния прочих недостатков в устройстве часов.

Этот недостаток часов в значительной степени устраняется при помощи температурной компенсации. Качество часов весьма сильно зависит от правильности выполнения такой компенсации, поэтому в задачу регулировщика входит также и исправление недостатков компенсации, т. е. ее регулировка.

Так как неправильность компенсации часов может исказить результат исследования, а, значит, и регулировку часов в положениях, то обычно предпочитают провести в крайней мере предварительную регулировку в температурах, а лишь затем добиваются изохронизма колебаний баланса часов.

Такой порядок регулировки выгоден еще тем, что регулировка в температурах отзывается довольно сильно на ис-

хронизме баланса, между тем как регулировка изохронизма отзывается на температурной компенсации заметно меньше.

Поэтому при изложении практических приемов, применяемых при регулировке часов, мы и начнем с описания способов регулировки в температурах.

Что же происходит с часами, когда мы их подвергаем действию тепла или холода?

Возьмем самые простые часы с цилиндрическим спуском, с обыкновенною стальной спиралью и с простым латунным балансом. Отрегулируем их на возможно малый ход при комнатной температуре, затем положим сначала на сутки в теплое место (скажем, около $+40^{\circ}$), а на следующие сутки вынесем на холод (например, около 0°). Мы заметим, что часы очень значительно отстанут в тепле и не менее (на несколько минут) уйдут вперед на холоду. Итак, простые часы отстают в тепле и уходят вперед на холоду (примерно на 11 секунд на 1°C в одни сутки).

Теоретическое и практическое исследование работы часов дало следующее объяснение этого явления. Прежде всего, с изменениями температуры сильно меняется упругость стальной спирали, а именно — она падает с повышением температуры, и наоборот. Эта причина объясняет в сущности все указанное изменение хода. Кроме того, сплюснутый латунный баланс, как почти все тела, расширяется при нагревании и сжимается при охлаждении. Эта причина, если бы сверх первой действовала только она одна, увеличила бы описанное изменение хода часов еще на 20%.

Но сверх всего перечисленного действует еще одна причина: сама спираль меняет свои размеры — длину, толщину и высоту своей ленты. Эта последняя причина, наоборот, уменьшает изменение хода примерно на 20% и таким образом компенсирует влияние изменений объема самого тела баланса. Итак, отставание часов при повышении температуры есть почти исключительно следствие уменьшения упругости спирали баланса.

2. Принцип температурной компенсации и его задачи

Регулировщик часов должен в первую очередь руководствоваться следующим основным правилом: для устранения всякой неправильности в ходе часов следует прежде всего уничтожить основную причину, вызывающую эту неправильность.

Иными словами: всегда полезнее устранить саму ошибку,

а не пытаться уничтожить ее при помощи другой ошибки, влияющей в противоположном направлении.

Но в деле температурной компенсации часов это положение могло быть применено только в новейшее время, когда работы академика Ш. Э. Гильома в области никелевых сплавов позволили получить спирали с почти постоянной, не зависящей от температуры упругостью.

Природные свойства огромнейшего большинства тел — в особенности металлов — расширяться в тепле и сжиматься на холоду. Между тем, компенсационный баланс часов проявляет обратные свойства: он уменьшается при нагревании и увеличивается при охлаждении.

Именно это свойство и сделало возможной подобную температурную компенсацию часов.

Действительно, упругость спирали ослабевает при повышении температуры, и часы должны были бы отставать, так как обычный баланс начнет колебаться медленнее. Но если часы снабжены компенсационным балансом, то последний уменьшается в размерах с повышением температуры — вернее, его момент инерции уменьшается — и благодаря этому вызывает соответствующее ускорение хода часов.

Понятно, что компенсация часов будет правильна только тогда, когда ускорение хода, вследствие уменьшения размеров баланса, будет равняться замедлению хода, происходящему из-за уменьшения упругости спирали и других обстоятельств.

Регулировка часов в температурах, или — иначе — регулировка компенсации часов преследует именно эту цель.

3. Способ компенсации

Баланс, компенсированный по обычному и наиболее употребительному теперь способу, отличается от простого баланса тем, что его обод, во-первых, сделан из двух металлов — на внутреннюю стальную часть наварена наружная латунная часть, и, во-вторых, этот обод в двух местах разрезан. Каждая из таких половинок прикреплена к спицам только одним своим концом. При нагревании свободный конец обода загибается внутрь, вследствие большого расширения латуны, а при охлаждении, наоборот, удаляется от оси баланса. Итак, уменьшение или увеличение размеров баланса (уменьшение или увеличение момента инерции) совершается исключительно за счет перемещения свободных концов обода баланса.

Другой признак компенсационного баланса — это большое число винтиков, посаженных на ободе баланса (рис. 401). Такие винтики состоят главным образом из головок, в которых сосредоточена почти вся их масса. Часть винта, снабженная резьбой, очень тонка, так как ее назначение — только удерживать винт. При тонкой резьбе нарезанные отверстия в ободке баланса очень малы, и прочность обода не страдает от них.

Винты тем лучше отвечают своему назначению, чем они меньше и вместе с тем тяжелее. В качестве материала для них лучше всего подходила бы платина, но на ней резьба нарезается с большим трудом. Поэтому платина применяется лишь в очень редких случаях. Золото было бы еще более подходящим материалом, чем платина, так как резьба на нем режется легко, но здесь возникают затруднения вследствие большого числа технических сортов золота. Каждый из этих сортов отличается друг от друга большим или меньшим процентным содержанием чистого золота, а следовательно, и большим или меньшим удельным весом. Золотые винты могут, поэтому, несмотря на одинаковый вид и объем, отличаться по весу весьма значительно, и при работе с подобными винтами возможны очень крутые затруднения.

В качестве материала для винтов применяется главным образом латунь; латунные винты ни в каком случае нельзя считать признаком худшего качества баланса.

Обод компенсационного баланса снабжается всегда большим числом отверстий, чем посажено винтов.

Винты применяются для утяжеления баланса именно в том месте, где это нужно, поэтому было бы непросигельной наивностью полагать, что в каждом из отверстий должен обязательно сидеть винт. Наоборот, всегда должны быть запасные отверстия, чтобы винты можно было переставить или ближе к свободным концам обода, или дальше от них.

При температурной регулировке часов на хороший результат можно рассчитывать только тогда, когда баланс изготовлен в высшей мере тщательно. Если обод баланса имеет какие-либо недостатки, то за регулировку не имеет смысла браться: это было бы напрасной тратой времени. Для того

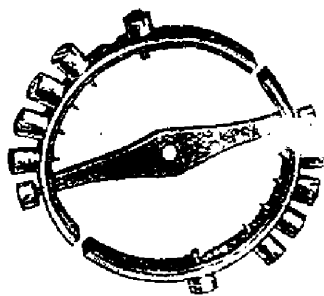


Рис. 401. Компенсационный баланс.

чтобы научиться различать хорошие и плохие балансы. рекомендуем хорошенько присмотреться к балансам точных часов, изготовленных переоклассными фирмами. Обод хорошего баланса не должен быть чрезмерно толст, но вместе с тем он не должен быть и тонок. Его винты имеют короткую тонкую резьбу и крупные тяжелые головки.

4. Принцип регулировки компенсации

Итак, винты-грузики баланса могут быть по желанию перемещаемы или к свободным концам обода, или в противоположную сторону.

Что же этим достигается?

Очевидно, что в первом случае (рис. 402), находясь у свободного конца, они участвуют в большей мере в перемещениях обода баланса под влиянием температурных изменений, а во втором случае (рис. 401) это участие во много раз меньше. Точно так же очевидно, что компенсирующее действие ускорения хода, вызванного изгибанием обода внутрь баланса, будет в первом случае значительно больше, чем во втором.

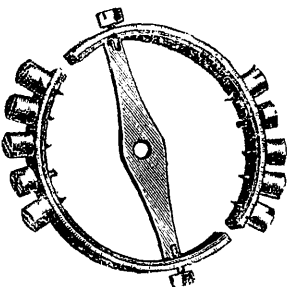


Рис. 402. Баланс с большой компенсацией.

Следовательно, перестановка винтов-грузиков на обode баланса является средством для регулировки компенсации баланса. Если наш баланс недокомпенсирован, т. е. если часы продолжают в тепле отставать, а на холоду, уходить, то винты достаточно должным образом передвинуть к свободным концам обода, и недостаток будет устранен. Если же часы, наоборот, перекомпенсированы, т. е. если они уходят вперед в тепле и отстают на холоду, то придется, для уничтожения этой сшибки, передвинуть винты к закрепленным концам обода.

Только-что сказанное нельзя понимать так, что каждый раз переставляют буквально все винты — это неверно. Такое перемещение действовало бы чересчур сильно, тем более, что одинаковым перемещениям винтов в различных частях обода отвечают весьма различные изменения компенсации баланса. Действительно, перемещения винтов у спиц влияют на компенсацию заметно меньше, чем такие же перемещения у свободных концов обода, потому что — как уже было сказано —

изменения момента инерции баланса достигаются за счет термического изгибания свободных концов обода.

Но не будем вдаваться в подробности, которые мы с гораздо большей пользой отметим при разборе отдельных примеров, а отметим здесь еще следующее. Кроме винтов-грузиков с короткою резьбою и тяжелыми головками на ободу баланса имеются еще два, а то и четыре винта с более легкой головкой, но зато длинной резьбой. Эти винты служат не для регулировки компенсации баланса, а для исправлений хода часов; их ввинчивают глубже или вывинчивают мельче, но ни в коем случае не переставляют с места на место.

Пример регулировки часов в температурах. Предположим, что мы наблюдаем некоторые часы сначала сутки при комнатной, а затем следующие сутки при высокой (около 35—40°) температуре, и что мы получили в нашей регулировочной книге следующие записи ошибки часов:

№ 75 L. G. 135823

17.7.29.

60. (24)

9 ч 15 м

$0,3^{\circ} K + 4,0^{\circ} T + 12,1^{\circ}$.

Прочтем запись, как это мы делали в предыдущей главе. Запись № 75 говорит, что мы начали наблюдение часов L. G. № 135823 17 июля 1929, и первое определение ошибки часов было сделано в 9 ч 15 м, что наблюдали мы при секундной стрелке около деления 60, и что часы были оставлены на сутки в комнатной температуре. Через 24 часа мы снова определили ошибку часов, подожгли их на сутки в теплое помещение и по истечении их опять определили ошибку часов. Все эти подробности ясно отмечены в нашей записи при помощи условных записей 60(24) и букв K и T. Отсутствует только указание на положение часов. Но в нем и нет надобности, так как часы при регулировке в температурах всегда наблюдают в положении $\frac{\text{—}}{\text{—}}$, т. е. часы всегда лежат горизонтально циферблатом вверх.

Выпишем результат наблюдения, т. е. полученные ходы:

$+ 3,7^{\circ}$ и $+ 8,1^{\circ}$.

Разность этих ходов есть $+ 4,4^{\circ}$, т. е. наши часы в тепле идут на 4,4 секунды скорее, чем при комнатной температуре. Или, иначе говоря, наши часы перекомпенсированы.

Эту ошибку, как мы уже упоминали раньше, нельзя исправить ни при помощи вывинчивания регулировочных грузиков, ни при помощи градусника. Действительно, если бы мы попробовали поступить так, то в лучшем случае свели бы ход при комнатной температуре к нулю и несколько уменьшили ход при высокой температуре, но разница между ними осталась бы в пределах точности данных часов тою же, что и раньше.

Итак, мы должны регулировать путем перестановки винтов-грузиков.

Прежде всего условимся, как мы будем отмечать винты и сделанные перестановки, потому что при неясности таких пометок нам не удастся накопить никакого опыта и удачный результат регулировки явится делом слепого случая. Перенумеруем все отверстия на одной половине обода, начиная счет от его свободного конца, и будем указывать, что наши винты находятся в отверстиях номер такой-то.

Пусть на балансе наших часов винты расположены так, как это изображено на рис. 403. Мы видим, что в отверстиях 1 и 2 сидит по винту-грузику, отверстие 3 свободно, отверстие 4 — занято регулировочным винтом, отверстие 5 — винтом-грузиком, 6 и 7 свободны и т. д.

Мы нашли, что наш баланс перекомпенсирован, т. е. что участие грузиков в перемещениях свободных концов баланса чрезмерно велико. Поэтому для устранения нашей ошибки мы должны переместить грузики к закрепленным концам обода. Теперь вопрос: сколько винтов переместить, и какие именно. К сожалению, здесь нельзя дать заранее ответа. Расположение грузиков на балансах даже одинаковых часов настолько разнообразно, да к тому же их масса и отношение этой массы к массе обода может быть настолько различно, что нельзя дать общего правила для такой перестановки.

Первый опыт перестановки грузиков приходится всегда делать более или менее наудачу, и только результат его даст более ясные указания для дальнейшей регулировки. Поэтому-то особенно важно в точности заметить: что мы сделали для регулировки баланса, и чего мы этим достигли.

В нашем случае мы имеем сравнительно небольшую перекомпенсацию и потому попробуем ограничиться перестановкой только одного винта-грузика, и притом такого, который влияет не очень сильно.

Остановимся поэтому на винте 5, переставим его в отверстие 6 и занесем в нашу книгу запись: вследствие переком-

пенсации на 4.4 секунды. винт из отверстия 5 переставлен в отверстие 6.

В дальнейшем, когда у регулировщика накопится достаточный опыт, он сможет сократить эту запись до минимума и ограничиться, например, такой заметкой: 5 : 6.

Одно весьма важное замечание: мы говорили все время о перестановках грузиков в одной только половине обода. Само собою разумеется, что такая перестановка производится одинаковым образом в обеих половинах, так как иначе расстроилось бы равновесие баланса, а вместе с тем и правильность хода часов.

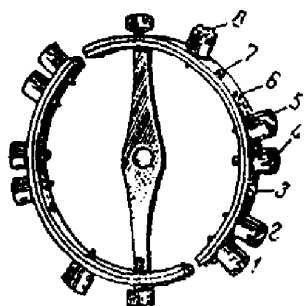


Рис. 403. Баланс до регулировки компенсации.

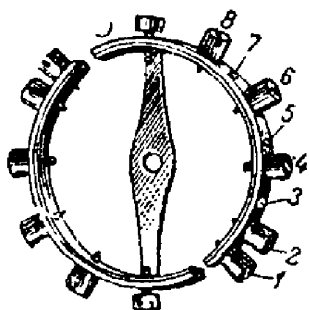


Рис. 404. Баланс после регулировки компенсации.

В нашем примере мы переставляли только один винт, но на практике могут случиться всевозможные комбинации перестановок, например, винт или винты у свободного конца мы переставляем (т. е. там, где они сильнее всего влияют) в одну сторону, а винт или винты у спиц (т. е. там, где они влияют меньше) — в противоположную сторону.

При подобной перестановке мы ослабим сильную регулировку компенсации, происшедшую из-за перемещения первых двух грузиков. Перестановка грузиков представляет собою очень тонкое средство регулировки компенсации: этим способом можно регулировать не только секунды, но даже дробные доли секунды.

Итак, мы переставили винт из отверстия 5 в отверстие 6, и теперь наш баланс имеет вид, представленный на рис. 404.

Для проверки достигнутого результата наблюдаем наш

часы снова в тех же условиях, что и раньше. Пусть мы получили теперь такую запись:

№ 76. L. G. 1358²³

20.7.29.

60. (24) 9 ч 15 м

+ 0,1°K + 2,6°T + 6,2°.

Было бы крайне неразумно, если бы мы в этом вторичном ряде наблюдений ограничились только наблюдениями при высокой температуре. Всякая регулировка компенсации всегда до некоторой степени отразится и на изохронизме баланса и, вообще, на ходе часов. Поэтому предварительное наблюдение при комнатной температуре обязательно при всяком контроле компенсации.

В результате нашего контроля мы получили ходы

+ 2,5° и + 3,6°.

Разница этих ходов есть + 1,1°, т. е. наши часы в тепле по-прежнему уходят вперед по сравнению с их ходом при комнатной температуре и, значит, перекомпенсация, наблюдавшаяся нами ранее, полностью не устранена. Поэтому нам придется еще продолжить нашу регулировку, мы, можем например, попытаться переставить винт-грузик из отверстия 8 в отверстие 9.

Итак, искусство регулировки в температурах, как, впрочем, и остальных регулировок, сводится к установлению размера и причины ошибки, а затем к ее устранению.

5. Расположение наблюдений при регулировке в температурах

В нашем примере регулировки наблюдения производились через сутки. Мы могли бы, понятно, производить их через промежутки более короткие — через 12, через 6 и даже через 3 часа, хотя последнее, как мы увидим дальше, невыгодно. Но во всех этих случаях мы должны были бы, как это уже указывалось в предыдущей главе, перевести наблюдаемые приращения ошибок в суточные ходы. Только при этом условии мы будем иметь сравнимый между собой материал и устраним тем самым источник всегда возможной и неприятной путаницы,

Мы только-что указали, что малые промежутки между наблюдениями невыгодны при выполнении регулировки в температурах. Причины этого весьма просты. Ведь нам приходится переносить часы из обычных комнатных условий в высокую температуру. Всякий предмет принимает температуру окружающего воздуха далеко не сразу, — необходимо некоторое время для выравнивания температур. Поэтому ход, полученный при высокой температуре, сразу после переноса часов в эту температуру из обычных условий всегда будет несколько ошибочен и в тем большей степени, чем короче промежутки между наблюдениями. При суточных промежутках между наблюдениями, по тем же соображениям, не играют роли небольшие отступления от наперед намеченного момента наблюдения. Если ход часов сам по себе невелик, то отступления до $\frac{1}{2}$ часа не сыграют роли, и нам нет надобности каждый раз отмечать момент наблюдения. Поэтому выгодно раз навсегда выбрать наиболее свободный час дня, когда ничто не может помешать, и наблюдать часы всегда около этого момента, не пропуская ни одного дня. При таком способе мы сможем всегда считать, что наблюдение от наблюдения отстоит ровно на сутки. Эта выгода не исчезнет даже тогда, когда нам придется регулировать несколько десятков часов. Ведь, в этом случае нам только потребуется придерживаться одинакового порядка наблюдений часов, т. е. сначала наблюдать часы № 1, затем № 2 и т. д.

Правда, не всегда удастся выполнить намеченную нами цель. В особо спешных случаях приходится регулировать компенсацию уже спустя несколько часов наблюдений. Тогда нужно начинать наблюдения каждый раз при одинаковом, полном заводе часов (весьма важно); кроме того, можно рекомендовать выкидывать первый час хода при всякой резкой перемене их температуры.

Как это сделать — поясним на примере. Пусть мы располагаем временем только для четырехчасовых промежутков между наблюдениями. Расположим их тогда так. Пускаем часы, определяем их ошибку при комнатной температуре в первый раз, затем через четыре часа — во второй раз, далее переносим их в теплое помещение, спустя час вынимаем, находим, определяем их ошибку и ставим обратно на новый четырехчасовой промежуток, по истечении которых и производим последнее определение ошибки.

Итак, мы имеем запись:

№ 93. М. 315711

29.7.29

60.	(4)	8 ч 0 м	12 ч 0 м	13 ч 0 м	17 ч 0 м
		+0,2 К	+1,1 Т	-0,1°Т	-2,3°.

Ходы мы будем теперь определять только по разностям. 2-е — 1-е и 4-е — 3-е наблюдения, на разность 3—2 не обращаем никакого внимания. Соответствующие значения разностей будут в нашем случае +0,9° и -2,2°. Из соответствующей таблицы на стр. 91 имеем множитель 6,00, умножив на который получаем ходы: +5,4° при комнатной температуре и -13,2° при высокой: разность этих ходов составляет -18,6°, т. е. наши часы отстают при высокой температуре или, иначе говоря, они недокомпенсированы.

При выполнении регулировки в температурах крайне важно строго соблюдать все указания, имеющиеся в главе о записи наблюдений часов. Существенно необходимо тщательно следить за согласованием минутной и секундной стрелок, а при определении ошибок часов поверять также и минуту исследуемых часов. При высоких температурах, если компенсация часов еще недостаточно отрегулирована, легко могут появиться ошибки и в целое число минут, а их мы не сможем заметить, если будем небрежны при установке и отсчете минутной стрелки.

Вместе с тем еще раз указываем на необходимость ясной, краткой, по полной записи наблюдений в записной книжке регулировщика. Иначе регулировщик не сможет накопить никакого опыта и никогда не добьется удовлетворительных результатов.

Несколько замечаний по поводу регулировки хода часов. Регулировка часов в температурах обычно связана с регулировкой хода, так как каждая перестановка винтиков-грузиков, регулирующих компенсацию, нарушает ход часов при комнатной температуре. Поэтому уместно сказать несколько слов о выполнении регулировки хода. Как мы знаем, карманные часы снабжены для этой цели градусником (рюкером), в некоторых случаях еще имеющим различные приспособления для тонкой перестановки. Но как это на первый взгляд ни странно, каждый опытный регулировщик никогда не пользуется этими приспособлениями для регулировки

хода, а применяет на него в лучшем случае для того, чтобы наглухо закрепить градусник. Дело в том, что слабый сидящий градусник делает регулировку совершенно невозможной, так как он будет самопроизвольно перемещаться под влиянием давления спирали. Поэтому всегда следует проверить, прочно ли сидит градусник, и в случае если этого нет, его следует основательно закрепить.

Неудобство регулировки при помощи градусника заключается в его малой чувствительности. Если он сидит туго, — а в необходимости этого мы только что убедились, — его можно перемещать только скачками, а тогда о регулировке хода до одной-двух секунд говорить не приходится. Это удастся получить только случайно. По этой-то причине регулировщик подгоняет ход часов к нужной ему величине с помощью регулировочных винтов, имеющихся на балансе карманных часов высших сортов. Таких винтов бывает либо два, либо четыре, как это мы уже указывали в одном из предыдущих параграфов.

При такой регулировке все эти винты, или, при более тонкой регулировке, только два противлежащих, поворачивают на один и тот же угол. При вывинчивании винтов момент инерции баланса будет расти, ход часов замедляться, а при завинчивании, наоборот, ускоряться. Первую пробу регулировки при помощи этих винтов всегда делают более или менее наугад, а в дальнейшем ее используют для определения чувствительности такой регулировки. Для этого надо, разумеется, записать как угол поворота, так и вызванное им изменение хода. Приведем пример. Некоторые часы имели суточный ход $+33$ секунды, т. е. уходили вперед на 33 секунды в сутки. Для их регулировки были вывинчены на $\frac{1}{4}$ оборота все четыре регулировочных винта. После этого ход стал $+11$ секунд, т. е. мы изменили его на 22 секунды. Очевидно, для того чтобы его окончательно уничтожить, нам придется повернуть каждый из четырех винтов на $\frac{1}{2}$ оборота, или, если мы будем вывинчивать только два противлежащих винта, то каждый из них на $\frac{1}{4}$ оборота.

Регулировка с помощью описанных винтов может иметь успех только тогда, когда эти винты вращаются достаточно свободно. Но одновременно с этим они должны плотно сидеть в своей резьбе, так как при чрезмерной свободе возможно самопроизвольное их вывинчивание и, как следствие, полная неустойчивость регулировки. Такую регулировку следует всегда производить, не вынимая баланса из часов. Это в особенности важно при окончательной

тонкой регулировке, когда стремятся уничтожить ходы в 1—2 секунды. Поэтому то так необходима достаточная мягкость хода регулировочных винтов, иначе легко могут быть повреждены и ось и обод баланса.

Строго говоря, перестановка винтов-грузиков для регулировки компенсации также должна совершаться при невынутом из часов балансе. Но это бывает возможно только тогда, когда винты-грузики сидят достаточно свободно, но вместе с тем и прочно, что, к сожалению, бывает весьма не часто. К слову сказать, иногда встречаются настолько нерациональные конструкции часов, что нет возможности добраться до винтов баланса, если последний находится в механизме, не говоря уже о такой возможности — при механизме, установленном в корпус.

Все эти регулировки с помощью винтов баланса надо, само собою разумеется, выполнять с большою осторожностью, развив в себе достаточную чувствительность в пальцах. Винты-грузики никогда не следует завинчивать чрезмерно туго, так как в ободке могут вследствие этого возникнуть натяжения, которые при последующем их самопроизвольном выравнивании вызовут скачки хода.

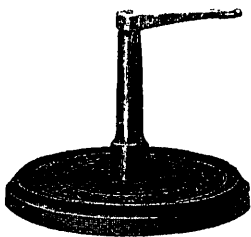


Рис. 405. Подставка для баланса.

При работах с балансом, вынутым из механизма часов, полезно пользоваться подставкой, изображенной на рис. 405. Выступающее плечо этой подставки служит для подвешивания баланса, так как в таком положении он будет в наибольшей безопасности. Кроме того, на основании подставки имеется ряд концентрично расположенных углублений. Этими углублениями пользуются для укладки в нужном порядке винтов-грузиков, если их, по каким-либо причинам приходится вынимать из баланса.

6. Вторичная ошибка компенсации

Мы до сих пор говорили об испытании часов только при комнатной и при высокой температурах и не упоминали вовсе об их проверке на холоду, при температурах ниже комнатной. Это вызвано отчасти тем, что испытания на холоду сопряжены с большими трудностями, а также вследствие того, что в случае испытания в трех температурах обнаружилась бы так называемая вторичная ошибка компенсаций, что усложнило бы изложение вопроса. Вторичная ошибка компенсации заключается в следующем.

Пусть при компенсации наших часов мы добились одинаковых ходов при комнатной и высокой температурах. Тогда при испытании на холоду обнаружится, что часы отстают на 1—5° в сутки. Точно также, если наши часы идеально компенсированы на низкой и комнатной температурах, то такое же отставание опять обнаружится, но теперь уже на высокой температуре. Наконец, если часы показывают одинаковый ход на низкой и высокой температурах, то при средней температуре они будут уходить вперед на 2—3 секунды. Итак, часы стремятся отставать по крайней мере при одной из двух температур: высокой и низкой, и в этом именно и заключается вторичная ошибка компенсации, или аномалия Дента, как ее иногда называют.

Теоретическое исследование этого вопроса показывает, что вторичная ошибка компенсации неустранима при обычной конструкции балансов, т. е. когда они изготовляются из латуни и стали, и если применяется обычная стальная спираль. Вторичная ошибка более или менее устраняется с помощью особых добавочных или вспомогательных компенсаций или еще лучше, посредством применения для изготовления спиралей и балансов особых сплавов. О последнем способе компенсации вторичной ошибки балансов мы скажем несколько слов позднее.

Все вышесказанное выше подтверждает наше мнение о достаточности регулировки компенсации часов только по двум температурам: комнатной и высокой. Наблюдения при низкой температуре опасны еще тем, что стальные части часов могут при этом легко заржаветь. Каждый раз, когда часы вынимают из холодного помещения, они неминуемо запотевают, и это почти неустранимо. Кроме того, отмечено, что часы после перехода от низкой температуры к комнатной не сразу принимают ход, соответствующий этой новой температуре, — почти всегда при этом обнаруживаются скачки хода. Если не считаться с этим фактом, то всегда возможно слишком поспешное заключение о якобы существующих неправильностях компенсации — как следствие — излишняя потеря времени на ее регулировку. Поэтому мы еще раз рекомендуем испытывать компенсацию только при высокой и комнатной температуре. А так как существует еще вторичная ошибка компенсации, то мы должны регулировать так, чтобы часы слегка отставали (на 2—3°) при высокой температуре, если их ход равен нулю при комнатной температуре.

При подобной регулировке компенсации ход часов при низких температурах будет наиболее близок к ходам при

всех прочих температурах. Как мы упоминали выше, наилучший способ для устранения вторичной ошибки компенсации заключается в применении никелевых сплавов.

Эти сплавы обязаны своим появлением неутомимой энергии и долголетнему упорному труду знаменитого французского ученого, академика Ш. Э. Гильома. В своих работах, посвященных применению этих сплавов в часовом деле, он указал на три особенно выгодных сорта:

1) никелевую сталь — платинит (44% никеля, 56% железа), обладающую температурными свойствами, особенно выгодными для устранения вторичной ошибки;

2) инвар (36% никеля, 64% железа), отличающийся очень малым температурным расширением;

3) элинвар (инвар +12% хрома), имеющий не зависящую от температуры упругость.

Баланс, изготовленный из латуни и никелевой стали (внутренняя часть из платинита) и снабженный обычной стальной спиралью, почти свободен от вторичной ошибки. Это так называемые балансы с латунно-никелевой компенсацией или интегральные балансы.

Инвар, обладающий малым коэффициентом расширения, применяется почти исключительно для изготовления точных маятников стальных часов, поэтому на нем мы останавливаться не будем.

Последний сплав, элинвар, насчитывающий едва лишь десяток лет с момента его изобретения, а в новейшее время — инварокс, открывают наиболее широкие перспективы в деле регулировки часов. Так как упругость элинвара от температуры почти не зависит, то вполне очевидно, что спираль из элинвара в корне уничтожает главную причину перемен хода часов от температуры. Простой сплошной баланс, снабженный элинварной спиралью, покажет поэтому лишь малую зависимость хода от температуры. Этот остаток температурного влияния устраняется при помощи коротеньких биметаллических кусочков, прикрепленных к сплошному ободу такого баланса (компенсация «Аффикс» П. Дитисгейма).

Такие сплошные балансы с небольшими компенсирующими кусочками имеют еще одну громадную выгоду. Центробежная сила почти не сказывается на форме такого баланса, и, следовательно, устраняется еще одна причина, нарушающая изохронизм баланса.

Вообще, элинвар и инварокс как материалы для спиралей имеют столь неоспоримые выгоды, что, надо полагать, спирали из этих материалов в ближайшем будущем совершенно

вытеснят старые стальные спирали. Настоящая глава, посвященная вопросу регулировки компенсации, может поэтому показаться совершенно излишней. Но на самом деле это не так. Не надо забывать, что в настоящее время в пользовании находится большое число часов со старыми латунино-стальной и латунино-никелевой компенсациями, и вполне очевидно, что они исчезнут из употребления не скоро. Кроме того, новые балансы также снабжены небольшой добавочной компенсацией, а регулировка этой последней совершается точно также, как мы только-что описали.

Весьма интересен еще один тип компенсационных балансов с эливарной спиралью, а именно баланс инженера Штраумаха. Материал, применяемый для изготовления балансов, подвергается особой обработке в холодном состоянии. В результате такой обработки материал приобретает различные термические свойства по разным направлениям. Вследствие этого кольцо, вырезанное из описанного материала, при изменении температуры примет овальную форму. В подобного рода балансах можно регулировать не только температурную ошибку хода, но и вторичную ошибку компенсации. Достоинства этих балансов были подтверждены большим числом наблюдений при температуре от -20° до $+50^{\circ}$ С.

7. Термостаты для испытания часов

При изложении регулировки часов в температурах мы не раз упоминали, что часы вносят для испытания в теплое помещение или, наоборот, в холодное, предполагая, что часовщик располагает помещениями с достаточно ровной температурой. Но на самом деле это не так, поэтому опишем вкратце те приспособления — термостаты и терморегуляторы, — при помощи которых достигается и поддерживается температура, нужная для испытаний.

Термостат в его простейшей конструкции, представляет собою плотный деревянный ящик с открывающейся вбок дверкой. Для нагревания внутренности ящика в него ставят небольшую угольную лампу накаливания и включают ее в осветительную сеть. При таком примитивном устройстве температура не получается достаточно постоянной, лампа может, например, нагреть ящик выше желаемой температуры, а кроме того, скажутся колебания температуры среды, окружающей ящик. Поэтому термостат должен быть снабжен внутри автоматическим регулятором, который держит температуру на нужной высоте

Такой терморегулятор изображен на рис. 406; его устройство, как мы видим, очень несложно. Он построен на том же принципе, как компенсационный баланс, т. е. просто взято кольцо, спаянное слоями из двух металлов — стали и латуни. Это кольцо в одном месте разрезано; один конец его прикреплен к стойке, а другой конец снабжен рычагом с контактом. На особой стойке, кроме того, укреплен второй контакт, изолированный от упомянутой стойки и рычага.

Контактные винты завинчиваются так, чтобы они, при нужной температуре, касались друг друга. Очевидно, при дальнейшем повышении температуры, свободный конец кольца загнетса внутрь, потянет за собой рычаг и разобьет контактные винты. Поэтому достаточно включить терморегу-

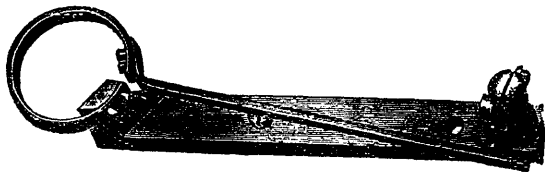


Рис. 406. Терморегулятор.

лятор последовательно с лампой и завинтить на должную глубину контактный винт, и постоянство температуры в ящике будет обеспечено. Терморегулятор будет попеременно то включать, то выключать нагревательную лампу и сохранит нужную высокую температуру (около 35°).

Описанный терморегулятор безусловно необходим при регулировке компенсации часов, так как без него не удастся сохранить постоянство температуры в ящике, а регулировка компенсации, на основании наблюдений при колеблющейся температуре не имеет смысла, ибо в этом случае нам не удастся установить действительную температуру часов. Отметим, что терморегулятор должен быть изготовлен солидно и тщательно, так как при плохом его выполнении он может быть опасен в пожарном отношении. Желательно, чтобы контактирующие поверхности винтов были из платины, еще лучше платино-иридия или, по крайней мере, из вольфрама.

Что касается самого ящика, то он должен быть построен солидно, из толстых досок и иметь достаточно обширный объем, так как в ящике неизбежно некоторое расслоение температур по высоте. В местах установки ламп и вблизи них дерево необходимо покрыть асбестом или уралитом (огнеупорным картоном), но ни в коем случае не металлом. Де-

рево под металлом нагревается очень сильно и, вследствие этого исключена возможность пожара. Внутри ящика на половине его высоты устанавливается горизонтальная решетка. На эту решетку кладут термометр и исследуемые часы и подгоняют затем температуру к нужной. Дверцы такого шкафика, как мы уже говорили раньше, должны быть сделаны на одной из боковых стенок, но ни в коем случае не сверху, так как при такой конструкции шкафик будет охлаждаться при всяком снятии крышки.

Описанным термостатом можно пользоваться также для температур ниже комнатной. Для этого, понятно, необходимо, чтобы температура воздуха, окружающего термостат, была также ниже комнатной. Иными словами, это возможно только в холодное время года. В теплое время года низкие температуры можно получить только при помощи маленького ледника. Следовательно, такой шкафик должен иметь двойные металлические стенки и крышку, защищенные, кроме того, извне при помощи деревянной обшивки. Промежутки между стенками набиваются льдом. Совершенно очевидно, что эти стенки не должны иметь ни малейшей течи, и должен быть край для стока воды, образовавшейся от таяния льда. Внутренность такого шкафика необходимо тщательно осушить, так как свободная влага может серьезно повредить часы.

Это краткое описание подчеркивает все трудности наблюдения при низких температурах. Холодильный шкафик и сам по себе дороже, да и эксплуатация его значительно накладнее. Поэтому мы еще раз рекомендуем ограничиться испытанием часов только при комнатной и высокой температурах.

VI. Характер и размеры изменений ходов часов, вызываемых различными факторами

1. Влияние неправильностей баланса

Основные выводы теории колебаний баланса. Прежде чем перейти к вопросу о регулировке анкерных часов в различных положениях, остановимся на характере и размере изменений ходов, происходящих вследствие различных неправильностей в часах, так как только при этом условии мы сможем обнаружить эти неправильности путем наблюдения хода часов, а затем их устранить при регулировке механизма.

При оценке характера влияния различных причин мы будем пользоваться следующими основными выводами теории колебания баланса:

1. Каждый импульс силы, действующий на баланс до его перехода через мертвую точку в направлении, совпадающем с движением баланса, ускоряет колебание. Такой же импульс, но действующий после перехода баланса через мертвую точку, замедляет соответствующее колебание.

2. Всякий толчок (сопротивление), направленный против движения баланса и действующий до перехода через мертвую точку, вызывает замедление колебания, а такой же толчок, но действующий после перехода через мертвую точку, вызывает соответствующее ускорение.

3. Действие всякого рода импульсов, нарушающих изохронизм колебаний, тем больше ощутительно, чем меньше размах баланса.

На основании этих выводов нетрудно исследовать влияние любой причины на изохронизм колебаний баланса.

Влияние трения на кончиках оси баланса на длительность колебания. Имеется много работ, затрагивающих влияние трения, но до настоящего момента этот вопрос окончательно не решен. Влияние само по себе одного трения с теоретической точки зрения разобрать трудно, но в часах, кроме трения, играет очень большую роль прилипание отдельных нежных и легких частей механизма. Описанное прилипание весьма сильно зависит от состояния масла, и здесь практика не даст твердых основ для теоретического разбора. Поэтому теоретические исследования различных ученых не представляются достаточно обоснованными.

Теоретический разбор влияния только одного трения показывает, что это влияние не сказывается на длительности колебания свободного баланса.

Прилипание и смазка несколько меняют положение, но все же общее их влияние на свободный баланс будет не велико.

На баланс, находящийся в часах, т. е. связанный со снуком, влияние трения вполне заметно и определено.

Трение (без прилипания) совершается по следующим законам:

1. Оно зависит от состояния и материала трущихся частей.

2. Оно пропорционально взаимному давлению трущихся частей.

3. Не зависит от величины трущихся поверхностей.

4. Не зависит от скорости скольжения трущихся поверхностей.

Теоретический расчет трения указывает, что трение осей баланса при горизонтальном положении часов в 3 раза меньше такого же трения при их вертикальном положении.

Прилипание может изменить эти соотношения, и многие практики стараются использовать это свойство при регулировке часов, стремясь уравнять трения в вертикальном и горизонтальном положениях. Для этой цели они плоско затачивают основания кончиков оси баланса и тем самым увеличивают влияние прилипания при горизонтально лежащих часах. Для уменьшения влияния прилипания при вертикально расположенных часах они же, по возможности, уточняют рабочее ребро отверстия лохштейна. С точки зрения рациональной регулировки такие приемы неправильны, в особенности первый, так как плоско затаченные основания кончиков оси баланса скоро поцарапают накладные камни и расстроят регулировку.

В 1927 г. был предложен весьма интересный способ для достижения постоянства трения кончиков осей при любом положении часов. А именно, — кончики осей советуют затачивать на квадрат, так, чтобы трение совершалось только на ребрах параллелепипеда, служащего кончиком. Подобные кончики понятно могут работать только на камнях. Вполне очевидно, что описанная конструкция кончиков в сильной степени уменьшает влияние прилипания трущихся частей, а это, со своей стороны, позволяет увеличить их толщину, а значит, и прочность.

С теоретической точки зрения влияние трения выражается в том, что оно смещает мертвую точку баланса в направлении, противоположном движению баланса. Такое смещение увеличивает часть импульса, приходящуюся после мертвой точки баланса, поэтому увеличение трения вызывает замедление размахов баланса, а следовательно и отставание часов, которое, кроме того, растет с уменьшением амплитуды баланса.

Перемены в трении на кончиках оси баланса являются

главнейшей причиной случайных колебаний, наблюдаемых в ходах часов. Такие перемены трения большею частью обусловлены состоянием смазки их. Они имеют тем меньшее значение, чем меньше само по себе трение. Трение же можно уменьшить, утоньшая кончики осей. Но следует заметить, что нельзя переходить известных границ, так как чрезмерно тонкие кончики имеют свои недостатки. Некоторые часовщики-искусники делают иногда кончики осей диаметром 0,04 мм. Этим они достигают некоторого облегчения при регулировке часов, и весьма заметно уменьшают случайные колебания ходов часов. Но все же такие часы слишком нежны для постоянного употребления. Тонкие, как волос, кончики осей легко изгибаются при малейшем толчке, и тогда, понятно, наилучшие часы покажут большее непостоянство хода, чем часы низких сортов.

При выборе диаметра кончиков осей всегда следует образоваться с практическим назначением прибора. Если часовщик стремится только взять первый приз на хронометрическом конкурсе, то он может делать кончики осей, толщиной в 0,04 мм. Если же он предназначает часы для практического пользования, сопряженного с их переноской и перевозкой, то он должен воздержаться от применения таких тонких кончиков. Здесь лучше всего подходят диаметры в 0,08 и даже 0,10 мм.

По указаниям Анри Лоссье, в анкерных часах калибром ¹ 43 мм кончики оси баланса должны иметь свободу от 0,015 до 0,02 мм, кончики оси спускового колеса и якоря — от 0,01 до 0,015 мм. Оси баланса предоставлена большая свобода, в виду его большей скорости движения. Неодинаковая свобода на обоих кончиках оси баланса, точно так же, как и косое положение накладных камней этой оси, может вызвать, как это указывает Х. Гааз, различие в ходах часов при их двух горизонтальных положениях: циферблатом вверх и циферблатом вниз.

Свобода по высоте должна быть, по возможности, не велика и притом одинакова как у баланса, так и у спускового колеса и якоря, для того чтобы их взаимное расположение по высоте не менялось.

Влияние неуравновешенности баланса. Для правильного хода часов имеет очень важное значение точная центрировка баланса и рольки спирали.

На стр. 32 было описано, как выполняется уравнивание

¹ Калибр — иначе диаметр платин часов.

ние баланса. Но нередко случается, что ролька спирали разрушает равновесие баланса; кроме того, может быть, что при помощи балансовой стоечки полная уравновешенность баланса не была достигнута. Тогда остается судить об уравновешенности баланса только по самим ходам часов в их вертикальных положениях.

Представим себе такой случай. Пусть при балансе, находящемся в положении покоя, наиболее тяжелая часть его находится внизу.

При колебаниях такого баланса при амплитудах до 180° тяжелая точка баланса будет подниматься и таким образом противодействовать колебаниям баланса после мертвой точки баланса или, наоборот, содействовать им до мертвой точки, и поэтому колебания баланса ускорятся. Когда колебания превысят 180° , то некоторая часть колебаний будет совершаться также и при содействии тяжелой точки колебаниям баланса после мертвой точки и противодействии до мертвой точки, и значит, к отмеченному нами ускорению хода присоединится некоторое компенсирующее замедление.

В действительности явление происходит несколько сложнее, чем здесь описано, и строгая теория¹ колебаний такого баланса указывает, что неуравновешенный баланс часов, находящихся в вертикальном положении, при малых амплитудах баланса вызывает заметное ускорение хода. При увеличении амплитуды это ускорение хода уменьшается, достигает при размахе в 440° нуля, а при дальнейшем увеличении амплитуды — часы, наоборот, обнаруживают замедление хода.

Такое свойство неуравновешенного баланса позволяет без труда найти этот его недостаток из наблюдений ходов часов в четырех вертикальных положениях и притом в каждом из них при размахах в 340° , 440° и 540° .

Наибольшие размахи получаются при полном заводе часов, наименьшие — при снятом останове (штеллунге) завода и при очень малом заводе, а средние — при некоторых промежуточных условиях. Как мы убедились, теория говорит, что в случае перевеса в нижней части баланса такие часы уходят вперед при малых размахах, отстают при больших и идут правильно при амплитудах около 440° ($1\frac{1}{4}$ оборота).

Если наши часы при испытании действительно обнаружат подобное изменение хода в одном из положений, то нетрудно видеть, что центр тяжести будет смещен к той части обода

¹ H. Вöck, Deutsche Uhrmacher Zeitung, 1928, стр. 802 и „Zeitschrift für Instrumentenkunde“, 1928.

баланса (рассматривая его в состоянии покоя), которая обращена вниз при данном положении часов.

Пример: Некоторые часы подвергались испытанию при различных размахах и в разных положениях и показали следующие суточные ходы:

Положение часов — бюгелем				
Размахи	Вверх	Вниз	Влево	Вправо
340°	+ 8 ^c	- 3 ^c	+ 11 ^c	- 2 ^c
440°	+ 3 ^c	+ 2 ^c	+ 2 ^c	+ 3 ^c
540°	+ 1 ^c	+ 3 ^c	- 1 ^c	+ 5 ^c

Здесь средняя строчка показывает одинаковые ходы при средних размахах (440°). Кроме того, при положениях бюгелем вверх и бюгелем влево отмечается замедление на больших размахах и ускорение на малых. Поэтому мы имеем децентрировку; наиболее тяжелая часть баланса направлена вниз при часах бюгелем на 45° влево (рис. 407), поэтому баланс следует облегчить в точке *N*.

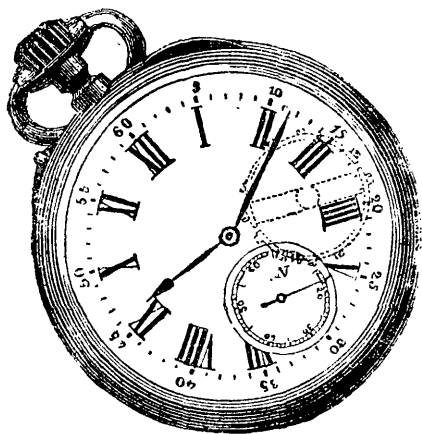


Рис. 407. Определение направления на центр тяжести баланса.

Если бы средняя строчка предыдущего примера показывала разные ходы, то было бы ясно, что здесь влияют еще неправильности механизма, которые должны быть устранены.

Заметим, что всякие неправильности механизма сказываются всего сильнее при малых размахах, а потому при регулировке часов следует обязательно наблюдать их ход при малых размахах, для чего в некоторых случаях бывает выгодно временно поставить в часы слабую пружину, так как такая установка не влияет на регулировку часов.

Кроме децентрировки баланса изохронизм нарушается еще вследствие изменения формы баланса под влиянием центробежной силы.

Центробежная сила увеличивает диаметр баланса и, вследствие этого, замедляет ход часов, причем это замедление растет с увеличением его размаха.

Итак, следствием центробежной силы является: замедление при больших размахах и ускорение при малых, и потому это явление отчасти противодействует наблюдаемому в анкерном спуске «отставанию на покое». Но центробежная сила влияет в разной степени — в зависимости от толщины обода и тяжести регулировочных винтов, так что нельзя ни установить точную закономерность этого влияния, ни тем более ее использовать.

Теперь сконструированы и начинают применяться компенсационные балансы со сплошным ободом. Понятно, что о действии центробежной силы на такие балансы говорить не приходится.

2. Влияние положения спирали

Ошибки в вилке спирали. Изохронизм системы баланс — спираль в весьма чувствительной степени зависит от положения волоска между штифтами вилки спирали. Вилка может быть чрезмерно узка или, наоборот, широка, вместе с тем она может отжимать волосок по направлению к оси баланса или оттягивать его в наружную сторону. При чрезмерно узкой вилке часы показывают крайне неправильный непостоянный ход.

При чрезмерно широкой вилке и при симметричном расположении волоска между штифтами (при балансе в состоянии покоя) часы начинают отставать при уменьшении амплитуды. Действительно, при такой вилке в той части колебаний, которая совершается балансом вблизи мертвой точки, действует вся длина спирали от стоечки спирали, т. е. вилка спирали градусника не оказывает никакого влияния. Итак, на этом участке пути мы имеем удлиненную спираль и, следовательно, замедленное движение. В остальной части пути действует уже укороченная спираль (т. е. от вилочки спирали) и мы имеем ускоренное колебание баланса. При уменьшающихся размахах баланса относительное значение замедленного размаха около мертвой точки быстро возрастает, и часы начинают отставать. Так как в вертикальном положении часов амплитуда баланса заметно падает, то часы с подобной неправильной вилкой спирали будут в вертикальном положении сильно отставать. Поэтому при всяком отставании часов в вертикальном положении необходимо просмотреть состояние вилки и спирали градусника. В том случае, когда спираль прижимается к одному из штифтов вилки спирали

и притом так, что покидает его только на одной из половин размаха, не касаясь вовсе второго штифта, часы тоже обнаружат отставание. Но это отставание будет слегка возрастать при увеличении размаха, так как с увеличением размаха растет и угол поворота при удлиненной спирали. Описанное отставание с увеличением размахов не очень велико, и потому эта причина выступает при исследовании часов не так рельефно.

Спираль должна быть установлена в часах так, чтобы ее действующая длина не менялась во время хода часов. Она не должна иметь свободы между штифтами градусника, потому что в противном случае такие часы будут отставать при малых размахах баланса. Но, вместе с тем, эта часть витка спирали не должна быть зажата в вилке спирали. Последнее обстоятельство повлекло бы за собою сильное трение в вилке спирали и такие часы обнаружили бы весьма неправильный ход, как на это указал Анри Гранжан (знаменитый швейцарский часовщик, основатель школы часового искусства и обсерватории в Нешателе). Поэтому штифты вилки спирали должны быть устроены так, чтобы волосок пружины легко скользил между ними, но чтобы вместе с тем эту свободу нельзя было обнаружить даже с помощью лупы.

Вопрос о вилке спирали и о положении ее штифтов настолько важен, что мы остановимся на нем несколько подробнее, так как многие начинающие регулировщики обращают на него, вообще говоря, чрезмерно мало внимания.

Штифты вилки спирали следует изготавливать из латуни (А. Гранжан). Они не должны быть ни чрезмерно тонки, ни чересчур толсты, так как в первом случае они могут подаваться под давлением волоска, а во втором возникает опасность, что спираль будет чрезмерно зажата. Для часов калибра 43 мм штифты следует взять толщиной 0,25 мм.

Кроме того, штифты должны быть хорошо укреплены, перпендикулярны к градуснику и к плоскости спирали и параллельны друг другу. Все это очень важно, так как вследствие своей тяжести спираль слегка перемещается между штифтами, в зависимости от положения штифтов. Если же штифты при этом не параллельны, то они сообщают спирали различные боковые сдвиги в зависимости от положения часов, что вызывает заметную разницу в ходе часов при двух различных горизонтальных положениях.

Для выполнения хорошей регулировки очень важно, чтобы волосок спиральной пружины лежал между штифтами в своем естественном, несмещенном положении. Иными сло-

вами, штифты ни в коем случае не должны менять ни форму, ни положение спирали, она должна иметь такой же естественный вид, как и в свободном состоянии.

Если это условие не соблюдено, и если, тем более, штифты отжимают спираль в ту или другую сторону, то, несомненно, ход часов покажет колебания — часы будут уходить вперед при малых размахах.

Штифты вилки спирали полезно чуть-чуть смазывать в тех местах, где они касаются вилки, но при этом следует остерегаться, чтобы не осталось свободного масла. Для выполнения такой смазки на штифты дают каплю масла, а излишек снимают с помощью кисточки или клочка шерсти. Тогда на штифтах все же останется достаточно масла, чтобы обеспечить правильное скольжение волоска, и вместе с тем недостаточно для того, чтобы масло растекалось.

Весьма важно еще одно обстоятельство, вытекающее из основного положения — неизменности действующей длины спирали во время хода часов. Самый первый внутренний виток спирали ни в коем случае не должен прилегать к рольке спирали в месте его закрепления, так как действующая длина спирали будет укорачиваться при ее свертывании, и тогда неминуемо изменение хода часов, в зависимости от величины размаха баланса.

Влияние смещения центра тяжести спирали. Вопросом о влиянии смещения центра тяжести спирали при колебаниях баланса в особенности занимались Э. Филипс, показавший, как должна быть сконструирована спираль, свободная от такого недостатка, а также Ж. Гроссман, исследовавший влияние различных смещений спирали.

Такое влияние будет различно в зависимости от положения места крепления внутреннего витка спирали. Тяжесть внешнего витка не играет почти никакой роли, так как он прикреплен одним своим концом к колодочке спирали. Все же прочие витки будут в большей или меньшей степени скашиваться на этом смещении точки равновесия, вызывая в общей сложности некоторое результирующее смещение.

Влияние смещения центра тяжести спирали весьма различно; оно зависит от того, какой путь описывает этот центр тяжести при колебаниях баланса. Если, как указывает Джемс (преподаватель теории часового дела в часовой школе в Женеве), центр тяжести спирали понижается, то он вызывает увеличение амплитуды баланса и замедление хода часов. Когда же центр тяжести повышается, то он, наоборот, умень-

шает амплитуду и ускоряет ход. При наличии и повышении и понижения центра тяжести, как это на практике всегда бывает, результирующее влияние его смещений на ход часов может быть весьма различно в зависимости от расположения точки крепления внутреннего витка спирали, так как от этого положения зависит и тот путь, который описывает центр тяжести спирали. Для спирали навитой слева направо теория дает следующие указания:

1. При креплении внутреннего витка в верхней части рольки имеет место незначительное замедление колебаний баланса.

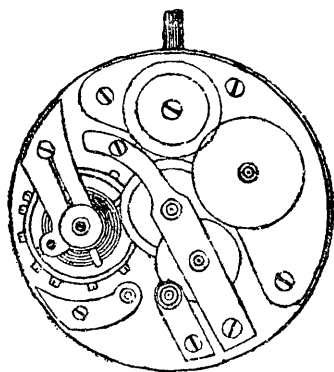


Рис. 408. Часы со спиралью, навитой слева направо.

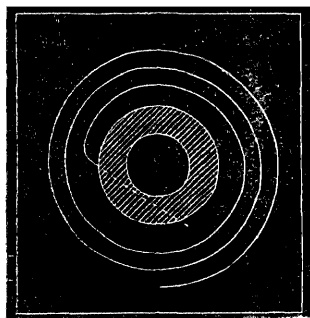


Рис. 409. Спираль, навитая слева направо.

2. При креплении внутреннего витка в нижней части рольки получается незначительное ускорение колебаний баланса.

3. При креплении в левой части рольки — весьма заметно ускорение.

4. При креплении в правой части рольки — весьма заметное замедление.

Для плоской спирали влияние децентрировки не очень велико. Оно вызывает разницу в 10—12 секунд между крайними ходами при различных положениях.

Так как часы обычно поверяются только в трех вертикальных положениях (\ominus , \oplus и \odot), то разности между ходами можно свести к минимуму соответственным выбором точки крепления внутреннего витка спирали. В нашем частном случае его выгодно взять в левой стороне рольки. Возникающее

при этом ускорение хода будет даже полезно, потому что оно компенсирует отставание в висячем положении, всегда имеющееся в анкерных часах (рис. 408 и 409).

Точно таким же путем можно найти, что при спирали, на- вернутой справа налево, наиболее выгодное место крепления будет в правой части рольки на уровне оси баланса (рис. 410 и 411).

Влияние эксцентрически развертывающейся спирали. Спираль, прикрепленная обычным способом к неподвижной колодочке спирали, всегда свертывается и развертывается эксцентрически. При свертывании вся спи-

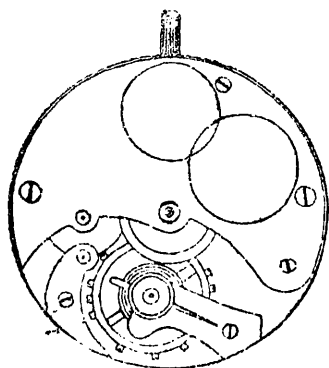


Рис. 410. Часы со спи- ралью, навитой справа на лево.

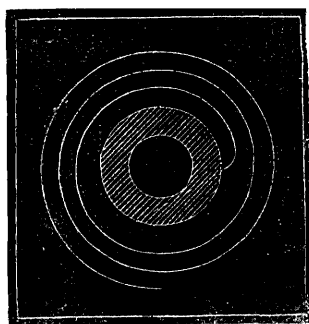


Рис. 411. Спираль, навитая справа налево.

раль оттягивается по направлению к колодочке, при развертывании она отжимается в противоположном направлении. Таким образом, вся спираль целиком совершает прямолинейные колебательные движения около центра баланса. Эти прямолинейные колебания, как мы увидим дальше, преобразуются в добавочный вращающийся импульс баланса.

Действительно, если бы мы освободили спираль у мостика и потянули ее вбок, то спираль начала бы разматываться подобно нитке и заставила бы баланс повернуться в одном направлении. Если бы мы, наоборот, приблизили наш конец спирали к оси баланса, то он начал бы вращаться в противоположном направлении. Но в часах боковые колебания спирали невелики. Поэтому при выполнении нашего опыта мы должны сообщать свободному концу спирали только малые перемещения. Замечено, что вращающиеся импульсы, вызван-

тые подобными перемещениями, действуют на самом деле не так просто, как нам казалось в предыдущем, более простом случае. Оказывается, что размер вызываемого движения весьма существенно зависит и от взаимного расположения точек крепления обоих концов спирали. Если обе эти точки находятся по одну сторону оси баланса, т. е. если спираль имеет целое число витков, то малое перемещение внешнего

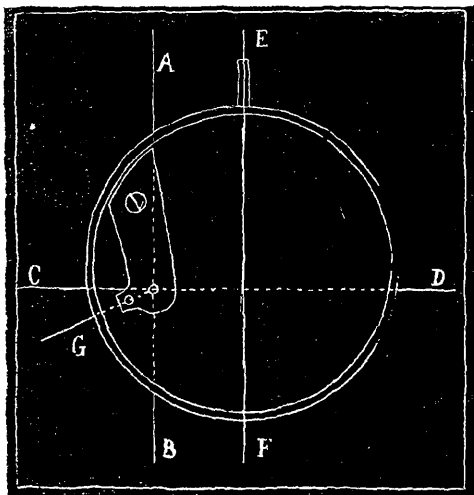


Рис. 412 Определение точки крепления внешнего витка спирали.

противодействует движению. Это противодействие будет весьма различно в зависимости от начального положения точек закрепления спирали, а кроме того оно будет меняться, так как относительное положение этих точек меняется. Точно также при развертывании спирали мы будем иметь столь же различное и непостоянное противодействие движению баланса.

Эксцентричное развертывание спирали сказывается на ходе часов весьма сложно и разнообразно и, в первую очередь, как мы это видели, зависит от положения точки крепления внешнего витка спирали.

Для нахождения этой точки закрепления (для плоской спирали) Ж. Гроссман советует поступать следующим образом.

конца спирали не оказывает на баланс никакого влияния в смысле вращения. Если же обе точки находятся на угловом расстоянии в 225° , т. е. спираль имеет некоторое число целых витков $+5/8$ оборота, то вращающий момент выступает на первый план.

Из того, что мы сказали, видно, что влияние эксцентричного развертывания спирали сказывается на колебаниях баланса в высшей степени сложным образом. Действительно, при свертывании спирали неподвижная колодочка спирали

На листе бумаги чертят под прямым углом две прямые AB и CD (рис. 412) и кладут часы на лист механизмом вверх так, чтобы ось баланса совпала с точкой пересечения прямых. Диаметр EF , проходящий через кнопку часов (т. е. через цифры 6 и 12 циферблата), должен при этом быть параллелен линии AB . Затем при помощи линии G отмечают направление, на котором лежат колодочка спирали и ось баланса, снимают часы и продолжают линию G до точки пересечения прямых AB и CD . Теперь достаточно положить спираль так, чтобы центр рольки совпал с точкой пересечения этих прямых, т. е. с точкой O (рис. 413). Пересечение последнего витка спирали с прямой OG укажет точку P — место крепления спирали в колодочке. Этот способ пригоден для спирали, навитой в любую сторону, и при его применении достигаются наиболее близкие ходы в трех главных вертикальных положениях.

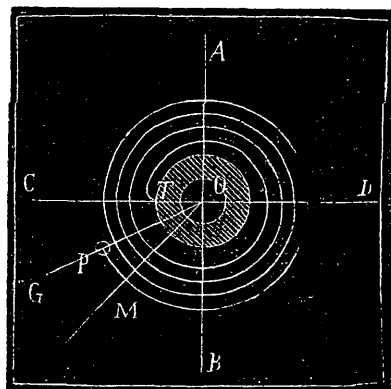


Рис. 413. Определение точки крепления внешнего витка спирали.

Но иногда желательно намеренно изменить ход в одном из этих положений, если по какой-либо неустранимой причине ход часов при правильном положении точек крепления спирали тем не менее неодинаков в трех положениях. Например, может случиться, что в положении $+O$ (бюгель влево) часы уходят вперед. Эту ошибку можно компенсировать таким перемещением точки крепления спирали, при котором в положении $+O$ должно будет появиться замедление хода. Для часов обычного размера это может быть достигнуто путем укорочения внутреннего витка спирали примерно на $\frac{1}{8}$ оборота (такое же перемещение может быть вызвано прикреплением точки M наружного витка спирали к колодочке спирали, рис. 413). Действительно, при этом приеме в положении часов $O+$ (смотря со стороны циферблата) точка крепления будет находиться в левой части рольки (со стороны механизма) и, следовательно, даст заметное ускорение, а в положении $+O$ (со стороны циферблата), т. е. при точке крепления справа (со стороны механизма) — заметное отставание.

ние. Значит, в результате такой регулировки мы компенсировали существовавшее ускорение в положении +0.

Надо заметить, что указанный способ регулировки в трех вертикальных положениях применяется нередко многими регулировщиками-практиками, но без достаточного уяснения сути такой регулировки. Выполнение регулировки часов с помощью описанного способа облегчается двумя следующими табличками Лосье и Джемса.

I. Спираль, завитая слева направо (по ходу стрелки часов)

Положение точки крепления у рольки ¹	Положение часов — бюгелем			
	влево	вправо	вверх	вниз
Слева	Постоян. ход ²	Постоян. ход ²	Опережение	Отставание
Справа	"	"	Отставание	Опережение
Сверху	Отставание	Опережение	Постоян. ход	Постоян. ход
Снизу	Опережение	Отставание	" "	" "

II. Спираль, завитая справа налево (против хода стрелки часов)

Положение точки крепления у рольки ¹	Положение часов — бюгелем			
	влево	вправо	вверх	вниз
Слева	Постоян. ход ²	Постоян. ход ²	Отставание	Опережение
Справа	"	"	Опережение	Отставание
Сверху	Опережение	Отставание	Постоян. ход	Постоян. ход
Снизу	Отставание	Опережение	" "	" "

Концевые загибы спиралей. Филипс при своих исследованиях работы спиралей доказал, что изохронизм спиралей достигим только при определенных загибах концов спиралей. До него такие загибы ввел в практику знаменитый хронометрист Арнольд, но только Филипс дал надлежащее теоретическое обоснование этому положению.

Концевые изгибы спиралей имеют весьма существенное значение для точной регулировки часов.

¹ Положение точки крепления у рольки считают, рассматривая висящие часы со стороны механизма: положение самих часов считают, глядя на их циферблат.

² Малыми изменениями хода часов при этих положениях пренебрегаем.

Плоские спирали снабжают либо двумя концевыми загибами — внутренним и внешним; либо только одним — внешним.

В первом случае оба конца загибают по теоретическому профилю, не обращая внимания на будущее место крепления внутреннего витка у рольки спирали, так как в этом случае положение точки крепления не оказывает никакого влияния.

Во втором случае, когда теоретический профиль должен получить один внешний завиток, спираль прежде всего прикрепляют к рольке спирали. Разумеется, плоскость спирали должна быть при этом перпендикулярна оси баланса, а сама спираль тщательно укреплена плоско зачиленным штифтом. Особенно опасно при этом перекашивание волоска спирали — при перекошенном волоске нельзя рассчитывать на постоянство хода часов и не может быть речи об их точной регулировке.

Начало наружного изгиба спирали должно согласоваться с положением точки крепления внутреннего завитка, так как в этом случае точка внутреннего крепления имеет строго определенное место.

Здесь поступают следующим образом: обломку пружины придают профиль концевого загиба, должным образом его обрезают и затем снова выправляют. Длина этого кусочка пружины позволяет определить то место, от которого должен начинаться концевой загиб.

Для получения правильного концевого загиба вычерчивают на медной пластинке такой теоретический профиль, который соответствует данному наружному радиусу, а конец спирали некруто (под острым углом) загибают вверх, выводя его из плоскости спирали в другую плоскость, параллельную первой.

В дальнейшем этот концевой виток изгибают при помощи щипчиков с лунообразными кончиками, придерживаясь все время заготовленного образца. Само собою разумеется, что такое изгибание должно выполняться с максимальной осторожностью, чтобы не смять пружины, а самый загиб внутрь может начинаться только от той части витка спирали, который лежит над всей плоскостью спирали, иначе возможно касание между наружным и следующим виткам спирали.

Несмотря на все предосторожности при этой операции нарушается внутреннее молекулярное равновесие спирали; для устранения этих последствий ее следует отжечь. Гранжан рекомендует поступать следующим образом: уложить спи-

раль на белую эмалированную пластинку, накапать рядом капельку масла и понемногу подогревать до тех пор, пока масло не начнет испаряться.

Если спираль получила свою окончательную форму, т. е. если она снабжена правильным концевым загибом, то ее больше не трогают, хотя бы и требовалось для целей регулировки ускорить или замедлить ход часов. Регулировка в таком случае достигается с помощью облегчения или утяжеления самого баланса.

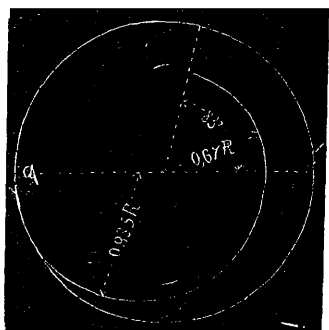


Рис. 414. Концевая кривая внешнего витка.

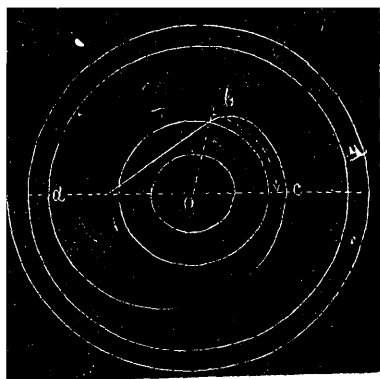


Рис. 415. Концевая кривая внутреннего витка.

Существует весьма большое число различных концевых кривых, многие из них дал уже Филиппс. Но большинство из этих кривых предназначено для цилиндрических спиралей, применяемых в хронометрах, и непригодно для плоских спиралей, так как они не рассчитаны на применение градусника; самый изгиб протекает не по кругу, концентрическому с осью баланса.

На рис. 414 представлена кривая, вполне пригодная и для плоских спиралей. Она конструируется следующим образом. Описываем на чертеже окружность радиусом R , равным радиусу внешнего витка спирали. Проводим диаметр a , а затем описываем радиусом, равным $0,67 R$ ($2/3 R$), дугу, охватывающую 83° и опирающуюся одним концом на наш диаметр a . Затем делим полученный больший отрезок диаметра пополам и описываем около этой точки полуокружность с ра-

друсом $0,835 R$ так, чтобы она связала нашу дугу (длиною в 83°) с внешним витком.

Эта же кривая, как изображено на рис. 415, пригодна и для внутреннего загиба плоской (и цилиндрической) спирали. Только в этом случае наш исходный радиус R надо принять равным радиусу внутреннего витка спирали.

VII. Систематическая регулировка часов

1. Подготовка часов к регулировке в различных положениях

После проверки механизма часов точно наблюдают их показание и ход в горизонтальном положении и путем соответствующих регулировок (т. е. путем нагрузки или разгрузки баланса) добиваются суточного хода меньшего 30 секунд. При навыке это достигается уже в первые 2—3 часа. Затем приступают к регулировке в температурах. Для этого часы наблюдают в горизонтальном положении в течение 6—12 часов при комнатной температуре, а затем при высокой температуре — градусов на 15—20 выше обычной, и отмечают соответствующие показания термометра. На основании полученных таким образом данных регулируют компенсацию, сообразуясь с теми указаниями, которые были приведены раньше. Эта регулировка компенсации является только предварительной, так как ее цель — устранить влияние температуры на ход часов при предстоящем их исследовании в различных положениях, поэтому вполне достаточно, чтобы разность ходов часов при этих крайних температурах не превышала 3—4 секунд.

Испытание на уравновешенность баланса. Для этой цели часы наблюдают при трех различных амплитудах баланса (340° , 440° и 540°) и притом каждый из таких рядов в четырех вертикальных положениях: бюгелем вверх, бюгелем вниз, бюгелем вправо, бюгелем влево.

Наблюдения начинают при малых амплитудах (при слабо заведенной пружине) и держат часы в каждом из положений около 3—4 часов. Результаты наблюдений записывают и обрабатывают согласно указаниям, изложенным выше. Затем точно так же наблюдают часы при их половинном заводе, при их полном заводе и даже, если по ходу наблюдений это окажется выгодным, в горизонтальных положениях: циферблатом вверх и циферблатом вниз.

В дальнейшем сопоставляют ходы часов, полученные в различных положениях и при различных амплитудах. Если при

этом обнаруживается явное влияние неуравновешенности баланса, то эту ошибку устраняют, повторяют снова такой ряд наблюдений, опять правят равновесие и т. д. до тех пор, пока ошибка в равновесии баланса и рольки спирали не будет полностью устранена.

2. Исследование несовершенств часового механизма

Для этой цели часы наблюдают в двух горизонтальных положениях: циферблатом вверх и циферблатом вниз, стараясь набрать возможно больше отдельных ходов. Это достигается без труда при помощи коротких промежутков (в 3—4 часа) между отдельными наблюдениями. Большое количество таких отдельных наблюдений необходимо для выяснения степени равномерности хода в каждом из этих положений. Если при этом обнаружится, что в одном из положений ход держится заметно хуже, чем в другом, то весьма вероятно, что именно в этом положении имеет место чрезмерно большое и непостоянное трение. Это будет, например, тогда, когда якорь или баланс касается своих мостиков, когда импульсный камень (колонштейн) трется о предохранительный нож, когда спираль касается какой-либо части часов, когда капелюшка масла вызывает слипание близко лежащих частей спуска и т. п.

Если исследование ходов покажет, что их равномерность не зависит от положения, но тем не менее при этом обнаруживаются заметно различные ходы, то теперь уже нельзя предположить существование случайного трения. Здесь приходится искать ошибку в неправильном устройстве какой-либо части механизма. Прежде всего следует убедиться в отсутствии чрезмерной и неодинаковой свободы на осях баланса, а также поверить перпендикулярность накладных камней к оси баланса. Уже небольшие неправильности в этих местах могут полностью объяснить различие ходов в двух горизонтальных положениях. Само собою разумеется, что такие ошибки должны быть устранены. Весьма существенно также поверить правильность крепления как спирали к рольке, так и концевых изгибов спирали. Часть спирали ни в коем случае не должна быть скручена в этих или каких-либо других местах. Как указывает Гранжан, такого рода ошибка обязательно вызывает различные ходы часов в положениях циферблатом вниз и циферблатом вверх.

Испытание изохронизма. Поскольку достигнуто

равновесие баланса и одинаковость хода в двух горизонтальных положениях, приступают к испытанию изохронизма баланса.

При таком испытании часы наблюдают в горизонтальном положении при возможно различных амплитудах баланса, т. е. в самом начале завода и в самом его конце.

Мы знаем, что некоторые из причин, вызывающих нарушение изохронизма, друг друга компенсируют. Таковы, например, отставание на покое¹ и ускорение вследствие центробежной силы (для балансов с разрезным ободом).

Другие же причины, как, например, отставание в вертикальном положении вследствие увеличения трения и такое же отставание вследствие сгущения масла приходится принимать заранее в расчет, т. е. намеренно нарушить изохронизм так, чтобы названное отставание компенсировалось ускорением при уменьшении амплитуд.

Правда, такое нарушение изохронизма не должно быть велико, а именно не более 2—3 секунд ускорения при малых амплитудах.

Если имеются большие отступления, то их следует устранить. Чрезмерное ускорение на малых амплитудах устраняют, давая зубцу большой покой или смещая мертвую точку баланса в сторону входной палетты. Отставание на малых амплитудах можно уничтожить, увеличив угол отмыкания.

Одновременно с этим устраняют по возможности те причины, которые вызывают разницу в ходах при различных вертикальных положениях, так как причины таких отклонений также заключаются главным образом в мелких недостатках спуска.

Если же таким путем не удастся достичь удовлетворительных результатов, то следует сместить точку крепления спирали а также повернуть и изменить ее концевые изгибы.

3. Пределы точной регулировки часов

При выполнении точной регулировки часов следует поставить себе целью:

1. Устранение разностей, превышающих 5 секунд между ходами в любых из горизонтальных и вертикальных положений (не считая вертикального, бюгелем вниз).

2. Устранение разностей, превышающих 2° между ходами часов при температурах +15° и +35° С.

¹ Все изменения относим в сторону малых амплитуд

Коль скоро эти пределы достигнуты, нет смысла продолжать регулировку, так как дальнейшие успехи являются делом случая, а механизм часов не выигрывает от чрезмерной работы с ним.

После того как часы отрегулированы, полезно их наблюдать в различных положениях, но уже с суточными промежутками между наблюдениями и при правильном заводе.

Полученные при этом результаты будут, вообще говоря, лучше, так как, с одной стороны, будут меньше влиять ошибки наблюдений, а, с другой стороны, часы покажут лучший ход при больших амплитудах. Результат этого испытания будет интересен для регулировщика, так как он даст ему ясное представление о достигнутом успехе.

Часы, отрегулированные при помощи описанных здесь приемов, сохраняют свою регулировку надолго, ибо мы ставили себе задачей достижение изохронизма при больших и малых амплитудах. Разумеется, часы не смогут показать совершенно постоянный ход, ибо всякий идеал достижим только с некоторым приближением, поэтому и в наших часах будут некоторые изменения изохронизма. Но, тем не менее, наша регулировка будет держаться, так как неизбежные колебания трения скажутся только на амплитуде баланса, но не на ходе часов, ибо наш баланс изохроничен.

4. Пример регулировки часов в различных положениях

Регулировке подвергались анкерные карманные часы, калибра 43 мм, со спиралью, завитой слева направо (S. Lossier, «Etude sur la théorie du réglage des montres»). Уже при просмотре механизма часов было обнаружено несколько неправильностей, но они намеренно не были устранены, чтобы воочию показать их влияние на ход часов.

Часы были пущены в ход, и наблюдения велись в течение нескольких дней в положениях: 1) горизонтальном, циферблатом вверх (—) и 2) горизонтальном, циферблатом вниз (—↓).

Ход часов менялся при этом от -8° до -59° , т. е. были обнаружены весьма крупные колебания. При малых амплитудах баланса колебания хода выступали еще резче и в особенности проявлялись в положении циферблатом вверх (—), в котором, кроме того, было заметно весьма сильное уменьшение амплитуды баланса.

При просмотре механизма было отмечено, что свободные концы обода баланса чрезмерно загнуты внутрь и, вслед-

ствия этого, могли по временам задевать за мостик якоря (анкера). Это предположение было тем более вероятно, что особо неправильный ход проявлялся именно при малых размахах баланса, когда действие центробежной силы, раздвигающей свободные концы баланса, было минимально.

Баланс был вынут, выправлен, снова установлен в часы, а последние, затем, отрегулированы путем облегчения баланса и соответствующей его центровки, так как правка обода баланса вызвала весьма заметное отставание часов.

Но, тем-не менее, устранение указанной неисправности улучшило ходы лишь в малой степени, и они попрежнему обнаруживали в положениях \ominus и $\omin�$ заметную разницу в ходе. Кроме того, эта разность меняла свой знак при малых размахах баланса.

При дальнейшем осмотре выяснилось, что ось баланса имеет со стороны циферблата очень короткий кончик. В результате этого в положении $\omin�$ конус кончика почти касался камня, а имевшееся там масло заставляло эти части слипаться. Кроме того, импульсный камень был не параллелен валику баланса, а наклонен под углом, примерно, в 5° . Далее, при испытании одного баланса (без спирали) обнаружилось, что существует еще какое-то трение в положении $\omin�$. Внимательный просмотр показал, что недостаточна свобода предохранительных рожков якорной вилки, и что как у баланса, так и у якоря чрезмерно велика свобода по высоте (0.02 мм).

По устранении этих недостатков часы показали ход: 1) положение $\omin�$ 77 секунд и 2) положение $\omin�$ 91 секунда.

Согласие ходов теперь улучшилось, но все же оно было недостаточно.

После нового осмотра была обнаружена возможность соприкосновения колошты и одного из рожков якорной вилки. Предположение было подтверждено испытанием качаний одного только баланса. По устранении этого недостатка часы показывают ход: $-53^\circ \omin�$ и $-62^\circ \omin�$.

Дальше было предположено, что неправильности хода часов вызываются недостатками в накладных камнях или неодинаковой свободой обоих кончиков осей. Тем не менее тщательное обследование этих мест ничего не обнаружило, но зато выяснилась другая, весьма серьезная, погрешность: волосок спирали был слегка свернут в месте крепления внутреннего витка спирали вследствие не вполне правильной высоты рольки.

Этот недостаток был устранен, т. е. спираль была выправлена, слегка подогрета и закреплена в новой рольке.

Наблюдения дают теперь ходы часов: 1) положение $-+43$ секунды и положение $-+42$ секунды при крайне незначительных колебаниях.

Заметим, что опытный регулировщик обратил бы внимание и устранил бы все эти недостатки уже при просмотре механизма, но мы нарочно шли в нашем примере шаг за шагом, чтобы показать последовательное улучшение хода часов по мере устранения различных неисправностей.

Переходим к дальнейшей регулировке часов и наблюдаем их ходы в четырех различных вертикальных положениях при больших и малых размахах. Получаем следующую таблицу суточных ходов:

Положение	♁	♀	+0	0+
Малые размахи (270°)	+ 46 ^c	+ 62 ^c	+ 65 ^c	+ 42 ^c
Большие размахи (495°)	+ 44 ^c	+ 46 ^c	+ 40 ^c	+ 49 ^c

При малых размахах, как видим, часы уходят вперед в положениях $\overset{\circ}{\ominus}$ и $+0$. Поэтому можно предположить, что здесь имеет место неуравновешенность баланса и что наиболее тяжелая точка находится в нижней части баланса при часах, поставленных так, чтобы показание циферблата $4\frac{1}{2}$ часа было наверху. Кроме того, часы показывают вообще некоторое ускорение хода при малых размахах. Последнее обстоятельство мы ставим в связь с чрезмерно узкой вилочкой спирали, важимающей пружину.

Устраняем каждую из этих причин нарушения хода.

По исправлении равновесия баланса часы показывают следующие ходы:

Положение	⊖	⊖	♁	♀	+0	0+
Малые размахи	- 3 ^c	- 1 ^c	- 5 ^c	- 7 ^c	- 1 ^c	- 6 ^c
Большие размахи	- 13 ^c	- 22 ^c	- 9 ^c	- 16 ^c	- 9 ^c	- 12 ^c

А после некоторого едва заметного расширения вилочки спирали:

Положение	⊖	⊖	♁	♀	+0	0+
Малые размахи	- 43 ^c	- 42 ^c	- 42 ^c	- 51 ^c	- 40 ^c	- 45 ^c
Большие размахи	- 47 ^c	- 45 ^c	- 43 ^c	- 51 ^c	- 42 ^c	- 46 ^c

Согласие ходов часов во всех положениях (за исключением положения ♀, которое мы не принимаем в расчет) вполне удовлетворительно, поэтому теперь осталось только

уничтожить имеющееся отставание, что уже не трудно сделать.

По выполнении такой регулировки часы наблюдались уже через суточные промежутки при полностью заведенной пружине. Получен такой результат:

Положение	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{\delta}{\delta}$	$\frac{+0}{+0}$	$\frac{\alpha}{\alpha}$
Суточные ходы	-3^c	$-1,5^c$	$+1,5^c$	-2^c	$+1^c$

т. е. мы приходим к выводу, что часы отрегулированы весьма удовлетворительно.

В только что приведенном примере мы наблюдали ход часов после каждой серьезной регулировки. Такого порядка надо вообще придерживаться при подобных работах. Только тогда мы сможем отдать себе отчет о действительности принятого нами исправления и сможем накопить опыт в искусстве регулировки часов.

Вопросы и ответы

1. Вычислить с точностью до долей секунды тот момент, в который произойдет ближайшее из совпадений минутной и часовой стрелок часов, если известно, что в 12 часов эти стрелки точно стояли одна над другой?

— В течение одного оборота часовой стрелки такое совпадение имеет место 11 раз. Поэтому первая встреча после 12 часов часовой и минутной стрелок происходит спустя $1\frac{2}{11}$ часа \Rightarrow 1 часу $\frac{60}{11}$ минуты \Rightarrow 1 часу 5 минутам $\frac{300}{11}$ секунды \Rightarrow 1 часу 5 минутам 27 и $\frac{3}{11}$ секунды.

2. Сколько ударов отбивают часы с боем в течение полусуток, если известно, что каждый получас отмечается одним ударом?

Правило: Для нахождения суммы ряда последовательных чисел (1, 2, 3...) достаточно сложить первое и последнее числа и умножить эту сумму на половину числа всех чисел, составляющих данный ряд.

В нашем случае имеем:

$$1 + 2 + 3 + \dots + 12 = (1 + 12) \cdot \frac{12}{2} = 13 \cdot 6 = 78.$$

Итак, общее число всех ударов, соответствующих целым часам, есть 78. Сюда следует прибавить 12 получасовых ударов. Всего, следовательно, часы ударят в течение полусуток $78 + 12 = 90$ раз.

3. Что представляет собою рычаг?

— Любое тело, которое может вращаться около некоторой точки опоры (оси) и к которому приложены вне его оси некоторые силы, называется рычагом.

4. Как относятся друг к другу величины двух параллельных сил, действующих на некоторый рычаг и удерживающих его притом в равновесии?

— В отношении обратном отношению соответствующих плеч рычага; при этом условии произведение одной силы на длину соответствующего ей плеча равно произведению второй силы на длину соответствующего ей противоположного плеча рычага, т. е., как говорят, моменты двух этих сил одинаковы.

5. Плечи двух рычагов относятся как 1 : 5. С какой силой будет давить длинное плечо, если к короткому плечу приложена сила в 10 кг?

— Искомая сила давления длинного плеча будет 2 кг, ибо $1 \cdot 10$ равняется $5 \cdot 2$.

6. Как относятся друг к другу пути, описываемые точками приложения двух сил в случае движения рычага?

— Длины пройденных путей относятся обратно пропорционально приложенным уравновешивающим силам, или иначе — прямо пропорционально длинам рычагов. Так, если точка приложения силы в 10 кг (см. предыдущий вопрос) описывает путь, равный единице, то точка приложения силы в 2 кг описывает путь, равный пяти.

7. Какой важный непреложный закон механики вытекает из предыдущих рассуждений?

— То, что выигрывается в силе, теряется в пройденном пути, или, что то же самое, в скорости. Обратно: всякий выигрыш в скорости или пути вызывает соответствующую потерю в силе.

8. Чему, следовательно, равна величина механической работы?

— Произведению силы на пройденный путь.

9. Почему всякое колесо можно рассматривать как рычаг?

— Ось (центр движения) колеса является точкой опоры. Расстояния от оси до точек колеса, с одной стороны воспринимающей давление, а с другой стороны производящей давление, являются плечами рычага.

10. Назовите главнейшие части любых часов.

— Двигатель, колесный механизм (передаточный и счетный), спуск (ход) и регулятор (маятник или баланс).

11. Какие конструкции (виды) спусков (ходов) чаще всего применяются: а) в обыкновенных стенных часах, б) в кар-

манных часах и в) в-стенных часах высших сортов (астрономических)?

— В обычных стенных часах применяются: спуск с крючковым якорем (гакеном), спуск Грахама и штифтовый спуск.

В карманных часах: цилиндровый и анкерный спуски.

В астрономических часах: спуски Шорта, Рифлера и Грахама.

12. Какие спуски еще кроме того встречаются?

— Хронометровый, спуск дуплекс и шпиндельный.

13. Каким образом происходит в часах передача движения одного колеса на другое?

— При помощи сцепляющихся друг с другом зубцов, нарезанных на ободах колес.

14. Какие зубчатые колеса называются трибками?

— Колеса с числами зубцов меньшими двадцати.

15. Что называется начальной окружностью зубчатого колеса?

— Начальной окружностью колес или трибок называются воображаемые окружности качения двух сцепляющихся зубчатых колес.

16. Зависит ли правильность зацепления от числа зубцов трибки, ведомой зубчатым колесом?

— С увеличением числа зубцов трибки зацепление улучшается. Чем меньше число зубцов трибки, тем дольше должен находиться в зацеплении с зубчатым колесом каждый отдельный зубец трибки, тем больше угол поворота трибки (ведущий угол), на протяжении которого это зацепление должно существовать.

17. Каковы недостатки трибок с малым числом зубцов?

— Угол поворота трибки, на протяжении которого должно существовать зацепление, становится настолько велик, что приходится допускать ведущее зацепление до линии центров.

18. Каково наименьшее число зубцов трибки, при котором еще достигается мало-мальски сносное зацепление?

— Шесть.

19. Как должны быть установлены два сцепляющихся зубчатых колеса?

— Зубцы колес должны касаться друг друга в тех точках, в которых зубцы переходят в закругленные головки. Эта точка касания должна находиться, с одной стороны, на прямой, соединяющей центры отверстий для кончиков осей колес, а с другой стороны — на начальных окружностях этих колес. Таким образом, при правильном зацеплении эти начальные окружности должны друг друга касаться.

20. Каковы признаки безошибочного сцепления?

— При правильном сцеплении зубчатые колеса поворачиваются без заметного удара или падения зубцов; сами зубцы имеют необходимую свободу, а вершины зубцов не ударяют в обод противоположащего колеса.

21. Каким образом достигается правильное зацепление колес?

— Выбором верного соотношения диаметров начальных окружностей колес, а также применением вполне определенных профилей головок зубцов.

22. Каковы невыгоды зацеплений: а) с трением до линии центров и б) с падением зубцов?

— При колесах с большим ведущим углом часы могут остановиться вследствие увеличенной траты силы на трение до линии центров. В этом случае либо зацепление чрезмерно мелко, либо трибка чрезмерно велика.

При зацеплении с падением зубцов передача силы совершается неравномерно, толчками, что вредно отзывается на спуске (ходе) часов. В этом случае либо зацепление чрезмерно глубоко, либо трибка чрезмерно мала. Как в том, так и в другом случае на головках зубцов образуются выбоины.

23. Каким образом можно уменьшить вредное влияние ведущего зацепления до линии центров?

— Путем хорошей полировки головок зубцов трибки.

24. Можно ли добиться, в случае применения трибок с шестью или восемью зубцами, чтобы ведущее зацепление начиналось на линии центров?

— Это достигается более закругленным, чем обычно, профилем головки зубца. Но в этом случае теряется правильность передачи движения.

25. В каких случаях не следует допускать ведущего зацепления до линии центров?

— В тех случаях, когда ведущее зацепление начинается настолько рано, что вызывает тем самым усиленное входное трение. При испытании зацепления этот недостаток обнаруживается сильным затиранием, заметно увеличивающим сопротивление вращению.

26. Как исправить чрезмерно глубокое зацепление?

— В таких случаях лучше всего переместить колесо или трибку на расстояние, требующееся для исправления. Но это почти невозможно выполнить, если оси колес ходят на камнях. Здесь цель достигается скорее и легче путем уменьшения колеса вельцованием, причем следует следить чтобы

зубцы не стали тоньше и не потеряли своего первоначального профиля.

27. На что следует обращать внимание при уменьшении колес вельцованием?

— Вельцование должно уменьшать только высоту зубцов, но ни в коем случае не толщину их.

28. Что же в общей сложности требуется, чтобы зацепление колес было правильно?

— Требуется, чтобы трибка имела не менее 12 зубцов, чтобы между начальными диаметрами трибки и колеса существовало правильное соотношение, чтобы зубцы этих колес имели правильный профиль и, наконец, чтобы оси вращения колес были помещены на таком расстоянии, при котором имеет место касание начальных окружностей обоих колес.

29. Какие иные зацепления можно признать годными для обыкновенных часов.

— Такие зацепления, при исследовании которых не будет обнаружено ни заметных толчков, ни заметных падений зубцов.

30. На какую ошибку зацепления указывают толчки, ощущаемые при вращении колес?

— Зацепление либо чрезмерно мелко, либо трибка чрезмерно велика, либо мы имеем оба эти недостатка вместе.

31. Каким образом можно исправить ошибки такого зацепления?

— Если зацепление чрезмерно мелко, то трибку и колесо можно сблизить, заделав старые отверстия для осей с помощью вкладышей (футоров) и наметив новые места для отверстий при помощи эйнгрифциркуля. Если ошибка чрезмерно велика, а оси колес ходят на камнях, то следует поставить новое зубчатое колесо. При сравнительно малой ошибке в расстоянии колесо можно слегка увеличить, растянув его.

Если же толчки при вращении вызываются чрезмерно большой трибкой, то следует сменить колесо и трибку. Точные размеры необходимых колес лучше всего или вычислить, исходя из расстояний центров, или взять готовыми из соответствующих таблиц.

32. Почему при смене чрезмерно большой трибки приходится менять и зубчатое колесо?

— При установке новой меньшей трибки взамен прежней большой зацепление становится чрезмерно мелким.

33. При каких условиях достигается правильное соотношение размеров трибки по отношению к ведущему колесу?

— Когда диаметры начальных окружностей трибки и колеса относятся как их соответственные числа зубцов. Например, для того чтобы получить правильное зацепление между колесами с 60-ю зубцами и трибкой с 10-ю зубцами, диаметры начальных окружностей этих колес должны относиться как 60 : 10, т. е. диаметр начальной окружности ведущего колеса должен быть в 6 раз больше соответствующего диаметра трибки. Диаметр начальной окружности зубчатого колеса меньше его наружного диаметра на удвоенную толщину зубца, так как при правильном профиле высота головки зубца равна его толщине. Диаметр начальной окружности трибки, имеющей зубцы с обычной полукруглой головкой, меньше наружного диаметра трибки только на толщину одного зубца, так как у таких трибок высота головки равна половине толщины зубца трибки.

Начальные диаметры колес и трибок, применяемых в карманных часах, не могут быть точно измерены без помощи микрометра, их приходится находить либо вычислением, либо брать из соответствующих таблиц (такие таблицы помещены в конце первого выпуска). Еще весьма нередко для нахождения размеров трибки по данному колесу путем измерения наружного диаметра трибки применяется старинный способ измерения с помощью кронциркуля, так как этот способ прост и удобен, хотя он требует известного навыка и опыта. Правда, этот метод не дает результатов высокой точности, тем не менее удовлетворяет обычным требованиям работ в мастерской.

Наружный диаметр трибки измеряют с помощью остро и тонко запыленного кронциркуля таким образом, чтобы он продвигался по двум противоположным зубцам трибки не слишком туго, но и не слишком свободно. Этот размер переносится затем на ведущее колесо, причем, если трибка с шестью зубцами, то наружный диаметр ее должен быть от вершины одного зубца до вершины третьего. Наружный диаметр трибки с семью зубцами охватывает три полных зубца, трибки с восемью зубцами — три полных зубца и половину впадины, трибки с десятью зубцами — четыре вершины зубца, трибки с 11-ю зубцами — четыре полных зубца и половину впадины, трибки с 12-ю зубцами — пять вершин зубцов.

Для трибок с большим числом зубцов, а также для трибок с уже указанными числами зубцов, но от стальных часов,

описанный способ приводит к несколько преуменьшенным размерам трибок. Диаметры начальных окружностей колес таких крупных часов измеряются значительно легче, хотя, вообще говоря, такие измерения всегда представляют известные трудности.

34. Как вычисляется число оборотов трибки, ведомой определенным зубчатым колесом?

— Число оборотов трибки будет во столько раз больше числа оборотов зубчатого колеса, во сколько раз число зубцов колеса больше числа зубцов трибки. Если трибка с 10-ю зубцами сцеплена с колесом с 75 зубцами, то число оборотов трибки и колеса относятся как 75 : 10 или 7,5 : 1. Итак, одному обороту колеса соответствует 7½ оборотов трибки.

35. Каким образом вычисляется число оборотов последнего колеса колесного механизма часов?

— Произведение из чисел зубцов всех ведущих колес, деленное на произведение из чисел зубцов всех участвующих трибок, дает искомый результат.

36. Сколько оборотов делает спусковое колесо часов (по сравнению со средним), если отдельные колеса имеют следующие числа зубцов:

Среднее	80 зубцов	Трибка промежуточного колеса	10 зубцов
Промежуточное	75 .	„ секундного	10 .
Секундное	70 .	„ спускового	7 .

— 600 оборотов, ибо $\frac{80 \cdot 75 \cdot 70}{10 \cdot 10 \cdot 7} = 600$.

37. Каким образом вычисляется число колебаний в час регулятора хода, соответствующего данным часам?

— Путем деления удвоенного произведения чисел зубцов всех ведущих колес, начиная от среднего колеса, на произведение чисел зубцов всех трибок, начиная от трибки промежуточного колеса.

38. В некоторых часах колеса имеют следующие числа зубцов:

Среднее	72 зубца	Трибка промежуточного колеса	8 зубцов
Промежуточное	64 .	„ спускового	8 .
Спусковое	36 .		

Сколько колебаний в час делает маятник этих часов?

— 5184 колебания, ибо $\frac{72 \cdot 64 \cdot 36 \cdot 2}{8 \cdot 8} = 5184$.

39. Сколько колебаний в минуту совершает баланс обыкновенных карманных часов, если колеса имеют следующие числа зубцов:

Среднее	64 зубца	Промежуточная трибка	8 зубцов
Промежуточное	60 зубцов	Секундная	8 "
Секундное	60 "	Цилиндровая	6 "
Цилиндровое	15 "		

— 300 колебаний, ибо $\frac{64 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 15 \cdot 2}{8 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 60} = 300$.

Если требуется знать длительность хода часов после полного завода, то расчет можно произвести следующим образом: среднее колесо делает один оборот в час, его трибка имеет, например, 10 зубцов, а барабан 80 зубцов; полностью заведенная пружина заставляет барабан повернуться четыре раза. Следовательно, полный ход часов

$$\frac{80 \cdot 4}{10} = 32 \text{ часа.}$$

40. Что следует предпринять, чтобы замедлить бой часов?

— Это достигается легче всего путем увеличения размеров крыльев ветрянки.

41. В каком направлении следует увеличивать крылья ветрянки, чтобы такое увеличение произвело наибольший замедляющий эффект?

— При увеличении ветрянки по направлению перпендикулярному оси вращения числа ее оборотов уменьшаются, примерно, пропорционально квадрату такого увеличения. Это объясняется не только тем, что площадь крыльев ветрянки стала больше, но и тем, что сопротивление воздуха действует теперь на более длинный рычаг. Поэтому ветрянка с вдвое более длинными крыльями (при одинаковой их ширине) будет вращаться в четыре раза медленнее, при условии неизменности двигающей силы. При увеличении ширины крыла ветрянки возникающее замедление прямо пропорционально этому увеличению ширины.

42. Каким образом замедляют бой часов, если по недостатку места ветрянку не может быть увеличена?

— Либо путем увеличения числа зубцов колеса, ведущего ветрянку, либо путем уменьшения числа зубцов трибки, сидящей на оси ветрянки.

43. На что следует обращать внимание в часах с боем?

— Рычаг отмыкания должен падать раньше падения рычага замыкания, а движущий механизм для возможной

легкости своего пуска не должен поднимать молоточек одновременно с началом движения.

44. Какой разгон требуется предоставить анлауфраду при пуске боевого механизма?

— От $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ оборота.

45. В чем разница между спуском Грахама и спуском с крючковым якорем (с гакепом)?

— Спуск Клемента, т. е. спуск с гакепом есть спуск с возвратным движением спускового колеса; спуск Грахама — спуск с трением на покое.

46. Каковы недостатки спусков с возвратным движением?

— Возвратное движение колеса сильно нарушает свободу колебаний маятника, а перемены в величине движущей силы имеют чрезмерно большое влияние на длительность колебаний маятника.

47. В чем полезное свойство возвратного движения?

— Возвратное движение колеса несколько ускоряет размахи маятника и действует, следовательно, компенсирующим образом, тогда как по закону колебаний маятника большие его размахи совершаются медленнее, чем меньшие.

48. Почему спуск Грахама называется спуском с покоем?

— Зубцы спускового колеса в этом спуске неподвижно лежат на якорных палетках до тех пор, пока не начнется импульс. Этот покой достигается тем, что соответствующие поверхности палетт отшлифованы по кругам с центрами, совпадающими с осью вращения якоря.

49. Насколько полезно такое устройство для постоянства хода часов?

— В спусках с покоем колебания в величине движущей силы мало сказываются на величине размаха маятника.

50. Каким условиям должен удовлетворять исправный спуск Клемента для часов с секундным маятником?

— Кончики зубцов спускового колеса должны быть расположены по окружности, а само колесо хорошо центрировано на оси. Плохо центрированное колесо, будучи обточено по кругу, приобретает неровный шаг, поэтому падение зубцов сильно сточенной стороны колеса будет чрезмерно мало, а на противоположной стороне — чрезмерно велико. Зубцы спускового колеса должны быть нарезаны таким образом, чтобы на палетты якоря могли ложиться только кончики зубцов, и притом так, чтобы передняя сторона зубца, обращенная к палеткам, была достаточно близка для успешного захватывания масла. С другой стороны, впадины между зубцами спускового колеса должны быть настолько глубоки,

чтобы якорь не встречал препятствий при нормальных размахах маятника; сами кончики должны быть остры, не иметь грата, но ни в коем случае не должны быть тонкими.

Итак, часть входной палетты гагена, на которой совершается возврат, при расчете на тяжелые и длинные маятники делается более выпуклой, а при применении легких и коротких маятников — более плоской; такой профиль палетты гагена позволяет влиять выгодным образом на длительность колебания маятника. При нормальном устройстве гагена на надлежащий отход приходится $\frac{1}{2}$ — 1° и на подъем 1 — 2° вращения якоря. Падение зубцов спускового колеса должно быть с обеих сторон одинаково невелико, но тем не менее достаточно.

51. Каковы признаки чрезмерно широкого растворения гагена?

— При чрезмерно широком растворении гагена внутреннее падение колеса больше внешнего.

52. Будет ли поэтому гаген, у колеса которого внешнее падение больше внутреннего, чрезмерно узок?

— Большее внешнее падение колеса может быть также вызвано чрезмерно высоким положением гагена. Гаген будет чрезмерно узок только в том случае, если более глубокая установка его дает правильное внешнее падение, в то время как колесо застревает своими зубцами на внутренней стороне выходного плеча.

53. Каким образом устраняется описанный недостаток?

— При помощи легкой шлифовки палетты входного плеча гагена.

54. Каким условиям должен удовлетворять исправный спуск Грахама?

— Для спускового колеса справедливо все то, что говорилось о спуске с гагеном. Следует только иметь в виду, что передняя почти прямая сторона зубца является в данном случае рабочей стороной, так как якорь в спуске Грахама имеет иную форму, чем гаген.

55. Сколько градусов вращения якоря дают в спуске Грахама на импульс?

— В зависимости от длины маятника; в часах с секундным маятником — от 1 до 2° ; в часах с более короткими маятниками — несколько больше.

56. Сколько градусов вращения якоря дают на покой?

— Около $\frac{1}{2}^\circ$, т. е. столько, сколько требуется для надежности хода часов.

57. В чем недостаток чрезмерно большого покая зубца?

— Для падения зубца потребуется бóльший размах маятника и, следовательно, тем самым увеличится вероятность остановки часов.

58. Каким образом регулируют неодинаковость внутреннего и внешнего падений в спуске Грахама?

— При помощи сближения или удаления якоря и спускового колеса посредством поворота подвижных вкладывшей (футоров), в которых помещаются отверстия для кончиков оси якоря. Сближение уменьшает внешнее падение, удаление — внутреннее падение.

59. Каким образом исправляется чрезмерно большой или чрезмерно малый покой?

— Путем перестановки соответствующей палетты якоря.

60. Импульс должен быть одинаков на обоих плечах якоря. Каким образом устраняется неравенство импульса, если оно имеется?

— Вероятная причина такого недостатка заключается в неодинаковых наклонах поверхностей импульса. Его можно устранить с помощью тщательной шлифовки палетт до полного равенства наклонов этих поверхностей.

61. Какова цель применения маятника?

— Маятник служит для регулировки хода часов.

62. Какие конструкции маятников существуют?

— Обыкновенные и компенсационные маятники.

63. Какие типы компенсационных маятников обыкновенно применяются?

— Маятники из никелевой стали (инвара), со ртутной компенсацией, со стержневой компенсацией, а в новейшее время также и с кварцевым стержнем.

64. Почему часы с длинными тяжелыми маятниками облачают более устойчивым и надежным ходом, чем часы с короткими легкими маятниками?

— Длинный тяжелый маятник менее чувствителен к переменам в величине движущей силы и поэтому длительность его колебаний более постоянна.

65. Каковы приведенная длина секундного маятника для мерных широт?

994 мм.

66. Каково соотношение между длиной маятника и числом его колебаний в единицу времени?

Длины двух маятников относятся обратно пропорционально квадратам чисел их колебаний в единицу времени.

Какие причины обуславливают большую или меньшую

печувствительность маятника к влияниям, нарушающим постоянство его колебаний?

— Движение всякого тела нарушается тем труднее, чем больше скорость и масса движущегося тела. Произведение массы маятника на описываемый им в единицу времени путь до некоторой степени характеризует устойчивость колебаний маятника.

68. Не будут ли короткие тяжелые маятники, движение которых совершается скорее, показывать большее постоянство колебаний?

— Центры тяжести маятников движутся по дугам, поэтому при равных углах отклонения пройденные пути будут относиться как длины маятников, ибо длины двух дуг относятся как радиусы соответствующих окружностей. Если мы будем сравнивать любой маятник с некоторым другим, имеющим удвоенную длительность колебания, т. е. учетверенную длину, то мы обнаружим, что центр тяжести этого второго маятника будет двигаться вдвое скорее первого (при одинаковых углах отклонения). Действительно, более короткий маятник пройдет дважды свой в четыре раза более короткий путь, в то время как более длинный маятник совершит только одно свое колебание. Итак, весь путь, пройденный первым маятником, будет в два раза меньше пути, пройденного вторым маятником. Если мы попытаемся уравнять их скорости при помощи увеличения размаха короткого маятника, то колебания последнего потеряют в своей равномерности, так как при больших углах отклонения одни и те же $\Delta\theta$ изменения в размахе будут влиять сильнее, чем это было раньше, а такие изменения неминуемы вследствие сжатия масла и других причин.

69. Какие способы применяются для подвеса маятника?

— Подвес на проволочных петлях, на нити, на призмах (ножах) и на плоских пружинах.

70. Как отражается на ходе часов увеличение веса маятника при различных способах его подвеса?

— Подвес на нити может применяться только для очень легкого маятника, так как увеличение веса маятника влечет за собою весьма быстрое возрастание взаимного трения отдельных волокон нити. Часы с таким подвесом, движущая сила которых достаточна для легкого маятника, нередко перестают идти при замене легкого маятника более тяжелым. В случае применения хорошего пружинного подвеса вес маятника может быть, наоборот, значительно увеличен, без того

чтобы для поддержания его колебаний потребовалась большая движущая сила.

71. В каком месте должен быть укреплен маятниковый подвес в хороших часах, в которых требуется возможное устранение трения между маятником и вилкой, ведущей маятник?

— Маятник должен быть подвешен так, чтобы ось его вращения (линия изгиба пружинки) находилась на продолжении оси вращения якоря.

72. Какие недостатки ведущей вилки и маятника сильнее всего влияют на ход часов?

— Неадекватность (непрочное укрепление) маятникового подвеса, так что в колебаниях маятника участвует не только пружина, но и верхняя часть подвеса: плохое укрепление пружины в оправе, покособившейся при заклепывании, или вообще дурные качества стали подвесной пружины; наконец, подвижность чечевички маятника на его стержне. Ошибки ведущей вилки заключаются обыкновенно в том, что ведущая вилка не всегда прочно сидит на оси якоря. Всегда следует обращать внимание на приспособление для регулировки падения. Кроме того, связь ведущей вилки и маятника нередко страдает вследствие плохой полноразмерности касающихся друг друга поверхностей, а также вследствие чрезмерно широкого или узкого прореза в вилке или маятнике, или, наконец, вследствие склеивания этих поверхностей чрезмерно густым маслом.

73. На что следует преимущественно обращать внимание при ремонте стальных часов?

— Кончики осей должны быть хорошо отполированы и закруглены (устранен грат), отверстия для осей должны иметь соответствующие размеры и отделку, т. е. не быть чрезмерно широкими, или узкими, или овальными, или шероховатыми. Закругления кончиков могут лишь чуть-чуть возвышаться над дном их углублений: зацепления и спуск должны быть безукоризненны. Якорная вилка не должна ни зажимать маятник, ни быть чрезмерно свободной, а часовая стрелка должна иметь достаточно свободы. Все отверстия для осей и углубления для масла в платинах, все трибки, колеса, кончики осей должны быть хорошо вычищены и правильно смазаны. Верхняя часть маятникового подвеса не должна иметь боковой свободы, а сам маятниковый подвес устанавливается так, чтобы линия его изгиба при качании маятника совпадала с осью вращения якоря.

74. На что надо преимущественно обращать внимание при установке или подвеске стальных часов?

— Требуется, чтобы падение было одинаково на обеих сторонах, маятник был правильно установлен по отношению к вилке, боевой молоточек во время ударов не был чрезмерно близок к звучащей пружине и чтобы минутная стрелка не задевала за стекло. если часы снабжены стеклянной крышкой.

75. Каковы преимущества анкерного спуска по сравнению с цилиндриковым?

— Анкерный спуск есть свободный спуск с покоем и почти полным отсутствием трения. Из полного размаха баланса, равного $1\frac{1}{2}$ оборотам (т. е. 540°), на время прикосновения импульсного камня и вилки приходится лишь небольшая доля размаха. При этом большая часть движения вилки служит для передачи импульса балансу и лишь меньшая часть тратится на преодоление трения на покое и на отмыкание якоря.

Цилиндрический спуск, напротив, есть спуск с трением на покое, так как зубец цилиндрического колеса во все время вращения баланса не перестает давить на стенку цилиндра, а полных размах баланса не превышает 240° .

Свободные спуски, к числу которых принадлежит анкерный спуск, превосходят по качествам цилиндрический. Только с помощью свободного спуска можно добиться равномерного хода часов, но, правда, при условии его точного выполнения.

76. Сколько витков пружины должно находиться в барабане и сколько оборотов должен при этом сделать барабан, при условии, конечно, что толщина пружины выбрана правильно?

— 12 или 13 витков пружины должны давать 5 оборотов барабана.

77. Какая доля поворота цилиндра приходится на импульс и на покой в цилиндрическом спуске?

— На общий импульс на цилиндре и на зубце колеса приходится от 35 до 40° , а на покой — около 10° на входной и около 6° — на выходной губе. Это неравенство покоя происходит вследствие большего закругления выходной губы, на которую приходится 10° импульса.

— 78. Сколько градусов приходится на покой в анкерном спуске?

— На покой на палетте анкера дается $11\frac{1}{2}^\circ$ для того, чтобы зубцы колеса могли уверенно ложиться на палетты якоря.

79. Сколько градусов вращения баланса приходится на подъем (импульс и отмыкание) в анкерном спуске?

— От 30 до 40°.

80. Какую форму придают кончикам осей в балансах карманных часов?

— Кончик оси имеет в сечении вид раструба, обращенного расширенной частью к балансу. Такая форма увеличивает прочность кончиков осей.

81. Каким условиям должен удовлетворять правильный цилиндрический спуск?

— В правильном цилиндрическом спуске зубцы имеют достаточный покой (ни чрезмерно малый, ни чрезмерно большой), цилиндрическое колесо и его зубцы имеют правильную форму и при прохождении через прорез не задевают за края. Поверхности импульса зубцов цилиндрического колеса должны быть достаточно пологи, хорошо полированы, а начало их должно совпадать с кончиками зубцов; иными словами, кончик не должен лежать вне поверхности импульса, что иногда наблюдается как следствие неправильной шлифовки. Кроме того, зубцы цилиндрического колеса должны быть так подогнаны, чтобы они имели лишь незначительную свободу, а самый цилиндр помещался с такою же малой свободой между зубцами колеса и, вместе с тем, чтобы мостик, в котором ходит ось цилиндра, не препятствовал вращению цилиндрического колеса. Баланс также не должен касаться ни упомянутого мостика, ни неподвижного ограничительного штифта, ни замочка спирали и колодочки. Ограничительные штифты как укрепленный на балансе, так и неподвижный должны быть точно установлены один против другого, чтобы баланс не мог делать чрезмерные размахи, а с другой стороны, не мог и перебрасываться или захлестываться. Вместе с тем требуется, чтобы баланс был хорошо уравновешен, его кончики имели достаточно свободы и достигали накладных камней. Как цилиндрическое колесо, так и цилиндр должны иметь лишь незначительную свободу по высоте.

82. Каковы признаки безопибочного анкерного спуска?

— Требуется, чтобы якорь имел правильную глубину запятия, чтобы три оси (спускового колеса, вилки и баланса) имели незначительную свободу — спусковое колесо двигалось бы не задевая ни нижней пластины, ни секундного колеса, ни якорной вилки. Последнее справедливо и для якоря, и для баланса. Виштики, помещенные на балансе, не должны проходить слишком близко у мостика баланса, в противном случае возможно касание вследствие расширения

обода баланса при повышении температуры. Импульсный камень должен быть поставлен прямо и укреплен прочно, но так, чтобы он не задевал за платину, а кончики оси баланса должны иметь малую свободу по высоте. Необходимо, чтобы зубцы спускового колеса достаточно надежно ложились на покой и так же надежно падали с обеих палетт якоря. Вход и выход импульсного камня в вилку и из нее должен совершаться свободно, без толчков, без заклиниваний, но вместе с тем и без чрезмерной свободы. Самый камень не должен проникать в вилку чрезмерно глубоко или мелко, а именно так, чтобы он покидал вилку в тот момент, когда зубец анкерного колеса падает на покой.

Ограничительные штифты должны быть установлены так, чтобы на покой и на отмыкание приходилось на каждой стороне только по $1\frac{1}{2}$, а длина ножа отрегулирована (подогнана) так, чтобы он ложился вблизи той и другой стороны предохранительной рольки. Зубцы спускового колеса не должны падать при прикосновении ножа с предохранительной рожкой, ибо такое падение повлекло бы за собою немедленную остановку часов при всякой переноске. Точно также кончик ножа не должен застревать в ролке, если последняя вращается навстречу ножу, а кончики предохранительных рожек якорной вилки не должны касаться оси баланса.

83. На что следует обращать преимущественное внимание при починке карманных часов?

— В ремонтируемых часах кончики осей должны быть чисто полированы, их закругления не должны иметь грата. — отверстия для кончиков не должны быть чрезмерно велики, овальны, шершавы или тесны, — закругленные кончики осей должны едва выступать над дном углублений для масла, кончики оси баланса должны достигать накладных камней, а эти последние, так же как и сквозные камни (лохштейны), иметь достаточное закрепление на платине. Необходимо, чтобы все оси имели правильную свободу по высоте, среднее и секундное колеса были параллельны платинам и притом, как и все остальные, прочно сидели на соответствующих трибках, — их зубцы не имели бы грата, все зацепления и спуск были правильны, чтобы спираль лежала цепным в одной плоскости и ее витки располагались правильными кругами.

Прорез в ролке спирали не должен быть чрезмерно велик, так как это может нарушить уравновешенность баланса. Часовое колесо и стрелка должны иметь достаточно свободы, минутная стрелка не должна задевать ни за циферблат, ни

за стекло, а это последнее так же, как предохраняющая от пыли крышка, не должны давить на ось стрелок.

Платины, мостики, отверстия для осей, углубления для масла, колеса, трибки и кончики осей должны быть тщательно вычищены и правильно смазаны, а самый механизм прочно укреплен в корпусе.

84. Какие причины вызывают ускорения или замедления хода часов?

— Главным образом температурные изменения, так как под влиянием теплоты все тела, а в особенности металлы, расширяются. Кроме того, теплота сильно изменяет упругость стали, т. е. в данном случае спирали баланса. Для компенсации вызываемых этим ошибок применяют балансы с ободом, состоящим из двух металлов, обладающих различными коэффициентами расширения, например, применяют латунь и сталь. Колебания суточного хода часов с балансами вызываются почти исключительно изменениями упругости спирали (волоска).

ЛИТЕРАТУРА

- Альбом режущего инструмента, Л.—М., 1934.
Пимкин Н. В., Измерение зубчатых колес, Л.—М., 1935.
Прейсман Н. Х., Измерение времени и его поверка по радиотелеграфу. Поверочное дело, вып. 3 (7) и 3 (10), Л., 1926 и 1927.
Прейсман Н. Х., Установление и хранение точного времени. Временник Главной Палаты мер и весов, вып. 1 (13), Л., 1925.
Рак В. И., Теория метода Кука. Временник Главной Палаты мер и весов, вып. 2 (14), Л., 1928.
Стандарты нефтяных смазочных масел, Стандартгиз, М.—Л., 1936.
„Станки и инструменты“, 1931—1936.
„Точная Индустрия“, 1931—1936.
Цветные металлы и сплавы, Сборник стандартов, вып. 1, Л.—М. 1936.
Шишелов Л. П., Механика часового механизма, ч. I, изд. II и ч. II, Л. 1935 и 1933.
Шишелов Л. П. и Томберг А. Т., Зубчатые зацепления в точной механике, Л.—М., 1934.
Ditishheim Paul, Etat Actuel de la Question du graissage en Horlogerie. Extrait des Annales Françaises de Chronometrie, N 2. Besançon, 1931.
Donauer E., Unsere modernen Drehstühle und ihre Anwendung, Berlin, 1922.
Grossmann M., Losenko M., Taschen-Wörterbuch für Uhrmacher, II Auf., Leipzig, 1903.
Grossmann M., Strannor L., Der freie Ankergang für Uhren (mit Atlas), Bautzen, 1894.
Guillaume Ch.-E., Les aciers au nickel et leur application à l'horlogerie, Paris, 1912.
Hanke J., Die Uhrmacherlehre, W. Diebener, Leipzig, 1923.

- James E., Loeske M., Praktischer und theoretischer Leitfaden der Präzisionsreglage, Bautzen, 1910.
- Krumm G. A., Uhrmacher-Fachunterricht, t. I—VIII, Berlin, 1929—1930.
- Lossier L., Etude sur la théorie du réglage des montres, suivie d'indications et d'exemples pratiques, Genève, 1890.
- Réception des signaux horaires, publiés par le Bureau de Longitudes, Paris, 1924.
- Riefler S., Präzisions-Pendeluhren. Ch. Ackermann, München, 1907.
- Sackmann E., Uhrenlehre, Leipzig, 1923.
- Sander W., Loeske M., Uhrenlehre, Leipzig, 1923.
- Saunier C., Traité d'Horlogerie.
- Schultz, Der Uhrmacher am Werkisch, VII Auf., Berlin, 1924.
- Sievert H., Loeske M., Leitfaden für die Uhrmacherlehre, XII Auf., Berlin, 1923.
-

Приложение

Таблица VIII. Множители для вычисления ходов часов

Минуты	Ч а с ы											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	—	24,00	12,00	8,00	6,00	4,80	4,00	3,43	3,00	2,67	2,40	2,18
5	288,0	22,15	11,52	7,78	5,88	4,72	3,95	3,39	2,97	2,64	2,38	2,17
10	144,0	20,57	11,08	7,58	5,76	4,65	3,89	3,35	2,94	2,62	2,36	2,15
15	96,0	19,20	10,67	7,38	5,65	4,57	3,84	3,31	2,91	2,59	2,34	2,13
20	72,0	18,00	10,29	7,20	5,54	4,50	3,79	3,27	2,88	2,57	2,32	2,12
25	57,6	16,94	9,93	7,02	5,43	4,43	3,74	3,24	2,85	2,55	2,30	2,10
30	48,0	16,00	9,60	6,86	5,33	4,36	3,69	3,20	2,82	2,53	2,29	2,09
35	41,1	15,16	9,29	6,70	5,24	4,30	3,65	3,16	2,80	2,50	2,27	2,07
40	36,0	14,40	9,00	6,55	5,14	4,24	3,60	3,13	2,77	2,48	2,25	2,06
45	32,0	13,71	8,73	6,40	5,05	4,17	3,56	3,10	2,74	2,46	2,23	2,04
50	28,8	13,09	8,47	6,26	4,97	4,11	3,51	3,06	2,72	2,44	2,22	2,03
55	26,2	12,52	8,23	6,13	4,88	4,06	3,47	3,03	2,69	2,42	2,20	2,01
60	24,0	12,00	8,00	6,00	4,80	4,00	3,43	3,00	2,67	2,40	2,18	2,00

Минуты	Ч а с ы											
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0	2,00	1,85	1,71	1,60	1,50	1,41	1,33	1,26	1,20	1,14	1,09	1,04
10	1,97	1,82	1,69	1,58	1,48	1,40	1,32	1,25	1,19	1,13	1,08	1,04
20	1,95	1,80	1,67	1,57	1,47	1,38	1,31	1,24	1,18	1,12	1,07	1,03
	1,92	1,78	1,66	1,55	1,45	1,37	1,30	1,23	1,17	1,12	1,07	1,02
	1,89	1,76	1,64	1,53	1,44	1,36	1,29	1,22	1,16	1,11	1,06	1,01
	1,87	1,73	1,62	1,52	1,43	1,35	1,27	1,21	1,15	1,10	1,05	1,01
	1,85	1,71	1,60	1,50	1,41	1,33	1,26	1,20	1,14	1,09	1,04	1,00