

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ВРЕМЕНИ СЛУЖЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

1. ХРАНИТЕЛИ ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

Отечественная часовая промышленность выпускает механические приборы времени служебного назначения различной номенклатуры для удовлетворения потребности в них многих отраслей народного хозяйства. Отличие этих приборов времени от бытовых заключается в специальных дополнительных устройствах для выполнения тех или других заданных функций. Общим для тех и других приборов является применение балансового осциллятора в совокупности с анкерным или хронометровым ходом.

Из большого разнообразия видов приборов времени служебного назначения можно выделить четыре вида приборов, выполняющих наиболее важные функции, а именно: 1) хранители точного времени; 2) измерители интервалов времени; 3) датчики интервалов времени и временных программ; 4) датчики равномерной скорости.

К приборам этого вида относятся морской хронометр, палубные часы, авиационный астрономический хронометр.

Морской хронометр 6МХ

Хронометр 6МХ находит применение на морских кораблях, в геологических разведках, при геодезических измерениях и в других научных исследованиях.

Конструкция хронометра имеет шесть основных узлов того же наименования, что и в бытовых приборах времени. Баланс — спираль, ход, двигатель, механизм заводки пружины и перевода стрелок существенно отличаются от узлов в бытовых приборах времени. Это отличие продиктовано высокими требованиями к точности хода хронометра. На морские хронометры установлен специальный ГОСТ 8916—70, в котором оговорены следующие основные точностные параметры.

Показатели хода	Нормы точности (с) для хронометра класса точности	
	1	2
Среднее отклонение суточного хода	$E \pm 0,17$	$\pm 0,35$
Восстановление хода	$R \pm 1,50$	$\pm 2,0$
Максимальная вариация суточного хода	$D \pm 2,00$	$\pm 2,30$
Температурный коэффициент	$C \pm 0,07$	$\pm 0,10$
Вторичная ошибка	$S \pm 1,00$	$\pm 1,20$
Средний суточный ход любого периода	$\omega_{\text{ср}} \pm 2,00$	$\pm 3,50$

В гл. 2 было введено понятие «суточный ход» часов Ω . Известно, что любые часы дают показания текущего времени с некоторой

погрешностью по сравнению с показаниями эталона времени в один и тот же момент. Разность в показаниях называют поправкой часов:

$$u = t_{\text{эт}} - t_{\text{ч}}.$$

Если за первые сутки поправка была u_1 , а за вторые сутки u_2 , то алгебраическая разность двух смежных поправок и есть суточный ход (суточная погрешность) часов. Суточный ход $\Omega = u_2 - u_1$. Если часы отстают, то поправка считается *положительной*, т. е. ее надо прибавить к показаниям часов, чтобы получить точное время, и наоборот, если часы спешат, поправка считается *отрицательной* и ее надо вычесть из показаний часов.

Пример 1. Если поправка за первые сутки была $+20$ с, а за вторые сутки -10 с, то суточный ход $\Omega = (-10 \text{ с}) - (+20 \text{ с}) = -30 \text{ с}$; следовательно, суточный ход отрицательный — часы спешат на 30 с в сутки.

Пример 2. Если 30 апреля часы имели поправку -30 с, а 3 мая поправка была $+1$ мин 15 с, то суточный ход $\Omega = \frac{(75 \text{ с}) - (-30 \text{ с})}{3 \text{ сут.}} = \frac{+105 \text{ с}}{3 \text{ сут.}} = +35 \text{ с}$. Следовательно, суточный ход положительный, часы отстают.

Среднее отклонение суточного хода E определяют как сумму абсолютных отклонений e отдельных суточных ходов от среднего суточного хода по соответствующему периоду, деленную на общее число n этих отклонений по всем периодам:

$$E = \frac{|e_1| + |e_2| + \dots + |e_{n-1}| + |e_n|}{n},$$

где $n = 45$ для хронометров 1-го класса и $n = 25$ для хронометров 2-го класса.

Восстановление хода R вычисляют из разности:

$\omega_{\text{IX}} - \omega_{\text{I}}$ — для хронометров 1-го класса;

$\omega_{\text{V}} - \omega_{\text{I}}$ — для хронометров 2-го класса,

где ω_{I} — средний суточный ход первого периода; ω_{IX} ; ω_{V} — средние суточные хода последних периодов.

Максимальную вариацию суточного хода D определяют как наибольшую по абсолютной величине алгебраическую разность двух последовательных суточных ходов $\omega_k - \omega_{k-1}$ за все время испытаний по формуле

$$D = \omega_k - \omega_{k-1}.$$

Температурный коэффициент C (изменение суточного хода хронометра при изменении температуры окружающей среды на 1°C) вычисляют по формулам:

для хронометров 1-го класса:

$$C = \frac{1}{40} (\omega_{36^\circ} - \omega_{4^\circ}) + \frac{\omega_{28^\circ} - \omega_{12^\circ}}{2},$$

где

$$\omega_{4^\circ} = \omega_{\text{V}}; \quad \omega_{12^\circ} = \frac{\omega_{\text{IV}} + \omega_{\text{VI}}}{2}; \quad \omega_{28^\circ} = \frac{\omega_{\text{II}} + \omega_{\text{VIII}}}{2};$$

для хронометров 2-го класса

$$C = \frac{\omega_{36^\circ} - \omega_{4^\circ}}{32},$$

где

$$\omega_{4^\circ} = \omega_{III}; \quad \omega_{36^\circ} = \frac{\omega_I + \omega_V}{2}.$$

Вторичную ошибку S вычисляют по формулам:
для хронометров 1-го класса

$$S = \frac{\omega_{36^\circ} + \omega_{4^\circ}}{2} - \omega_{20^\circ} - \frac{1}{2} \left(\frac{\omega_{28^\circ} + \omega_{12^\circ}}{2} - \omega_{20^\circ} \right),$$

где

$$\omega_{20^\circ} = \frac{\omega_{III} + \omega_{VII}}{2};$$

ω_{36° ; ω_{4° ; ω_{28° ; ω_{12° — вычисляют по формулам температурного коэффициента C ;

для хронометров 2-го класса

$$S = \frac{\omega_{36^\circ} + \omega_{4^\circ}}{2} - \omega_{20^\circ},$$

где

$$\omega_{20^\circ} = \frac{\omega_{II} - \omega_{IV}}{2};$$

ω_{36° ; ω_{4° — вычисляют по формулам температурного коэффициента C .

Средний суточный ход $\omega_{ср}$ для морских хронометров 1-го и 2-го классов определяют как среднее арифметическое значение из пяти последних суточных ходов данного периода испытаний с учетом знака, причем минус означает опережение, плюс — отставание.

Проверка показателей хода хронометров должна производиться для 1-го класса — в течение 63 сут., разделенных на девять периодов по 7 сут. в каждом при температурах: $+36^\circ$; $+28^\circ$; $+20^\circ$; $+12^\circ$; $+4^\circ$; $+12^\circ$; $+20^\circ$; $+28^\circ$; $+36^\circ$; для 2-го класса — в течение 35 сут., разделенных на пять

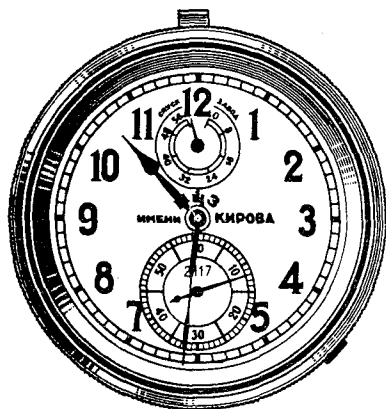


Рис. 139. Общий вид морского хронометра 6MX

периодов по 7 сут. в каждом при температурах: $+36^{\circ}$; $+20^{\circ}$; $+4^{\circ}$; $+20^{\circ}$; $+36^{\circ}$.

Помимо точностных параметров, в ГОСТе оговорены и такие важные параметры, как период колебания баланса $T = 0,5$ с. Продолжительность действия механизма от одного полного завода пружины должна быть не менее 56 ч. Вероятность безотказной работы за 6000 ч должна быть для хронометров 1-го класса точности 0,90 и для 2-го класса точности — 0,85.

На рис. 139 изображен общий вид хронометра 6МХ, выпускаемого серийно 1-м Московским часовым заводом. Хронометр устанавливается на карданном подвесе, обеспечивающем ему горизонтальное положение; на циферблате, кроме центральной шкалы показаний часов и минут, имеются еще две боковые шкалы: нижняя — для показаний секунд и верхняя — для показаний часов заводки пружины с делениями от 0 до 56 ч и свободным интервалом на 8 ч.

На рис. 140 приведена схема разреза механизма по осям: барабан 1—улитка 2—центральное 3—промежуточное 4—секундное 5—ходовое колесо 6 и баланс 7.

Рассмотрим конструкции отдельных узлов.

Двигатель состоит из двух узлов: барабана и улитки. Расстояние между их центрами 42 мм.

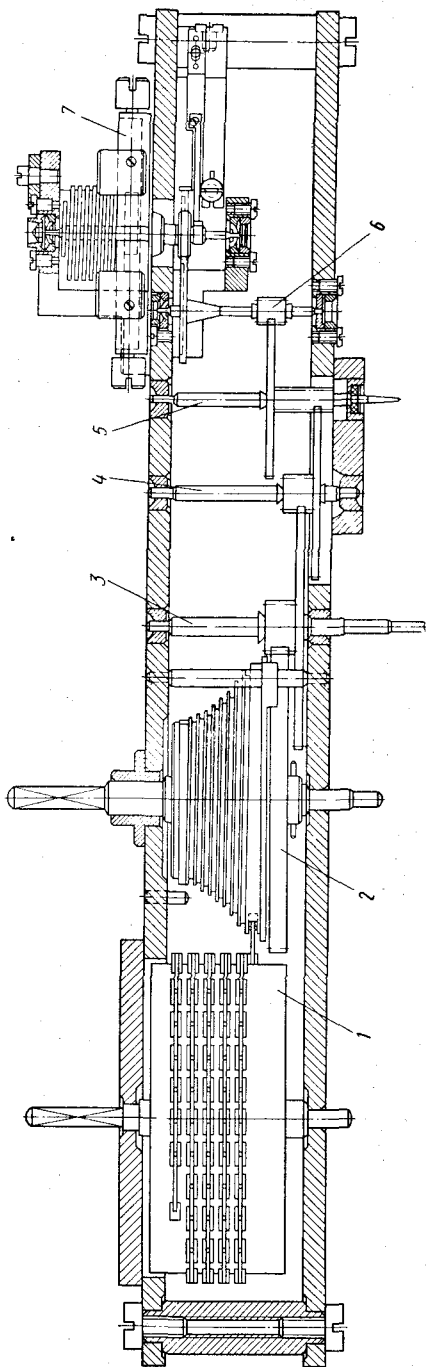


Рис. 140. Разрез механизма хронометра по осям баланса, хода, антренажа и завода

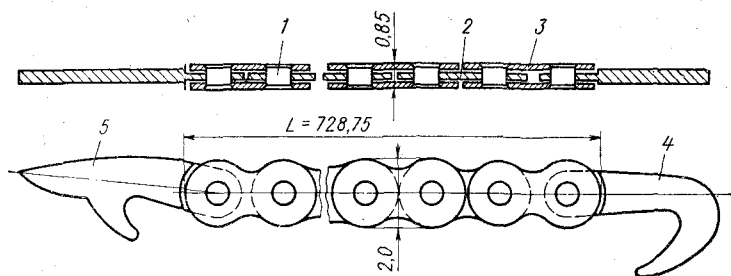


Рис. 141. Цепь Галля

Барaban имеет наружный диаметр 41,5 мм и внутренний 37,8 мм. Диаметр валика барабана составляет 12,6 мм. Заводная пружина имеет следующие размеры: длина $L = 1400$ мм; ширина $b = 14,8$ мм; толщина $h = 0,42$ мм. Число витков пружины в свободном состоянии $n_{св} = 6,5$; число витков пружины в заведенном состоянии $n_{зав} = 19,5$; число витков пружины в спущенном состоянии $n_{сп} = 14$. Число полезных оборотов барабана $n_6 = 19,5 - 14 = 5,5$ оборотов.

Момент на барабане в заведенном и спущенном состояниях пружины рассчитывают по формуле (80), подставляя в нее значения: $K = 0,95$; $E = 2,10 \cdot 10^5$ Н/мм²; $b = 14,80$ мм; $h = 0,42$ мм; $l_{раб} = 1300$ мм; $n_{зав} - n_{св} = 13$ витков; $n_{зав} - n_{св} - n_p = 8,13$ витка; будем иметь $M_{max} = 1143,5$ Н·мм; $M_{min} = 715$ Н·мм.

Для выравнивания момента, передаваемого с барабана, применено устройство, называемое *улиткой*.

Кинематическая связь между барабаном и улиткой осуществляется цепью Галля, которая одним концом крепится к наружной поверхности барабана, а другим концом к основанию улитки.

Цепь Галля (рис. 141) состоит из 324 наружных (3) и 161 внутренних [2] пластин, которые имеют шарнирное соединение, посредством штифтов 1.

Шаг цепи 2,25 мм; ширина 2 мм, толщина 0,85 мм, длина 728,75 мм; толщина пластин 0,25 мм; крючки 4, 5 имеют форму, удобную для крепления и работы. Все детали цепи изготавливают из высокоуглеродистой стали У10А и термически обрабатывают.

Стабилизатор момента пружины (улитка) — сложный узел механизма хронометра (рис. 142).

Боковая сторона корпуса 1 улитки имеет криволинейную поверхность со спиральной канавкой прямоугольной формы. В этой спиральной канавке находится цепь Галля. К основанию корпуса монтируют храповое колесо 3, к которому крепят зубчатое колесо 2 с $z = 90$, находящееся в постоянном зацеплении с центральным трибом $z = 14$, $m = 0,44$ мм.

При числе оборотов улитки $n = 8,75$ продолжительность действия хронометра от одной заводки равна $8,75 \cdot 90 / 14 = 56,2$ ч.

Для обеспечения постоянства момента на центральном трибе необходимо, чтобы радиусы канавок улитки изменялись обратно пропорционально моменту, передаваемому с барабана. Учитывая нелинейность передаваемого момента с барабана, образующую кривую AB улитки (рис. 143) строят по формуле

$$y = \frac{l_0 r_0 e}{4\pi} \left(\frac{1}{x^2} - \frac{1}{r_0^2} \right),$$

где l_0 — длина спиральной канавки; e — ширина канавки.

Полную заводку пружины осуществляют вращением валика улитки против часовой стрелки. Цепь Галля наматывается на корпус улитки, а число оборотов барабана составляет 4,87. Предварительно вращением валика барабана на 0,5 оборота создают постоянный натяг пружины. Для снятия натяга пружины в барабане пружину на 0,13 оборота барабана не дозаводят. Как в узле барабана, так и в узле улитки имеются храповые устройства, предохраняющие пружину от произвольного роспуска и создающие дополнительный резерв хода при заводке пружины.

Кинематическая цепь ангренажа от центрального триба до ходового колеса состоит из трех зубчатых пар (табл. 28).

Таблица 28

Наименование зубчатой пары	Число зубьев	i	Модуль, мм
Колесо центральное	90	$i_1 = 7,5$	0,35
Триб промежуточный	12		
Колесо промежуточное	80	$i_2 = 8$	0,29
Триб секундный	10		
Колесо секундное	75	$i_3 = 7,5$	0,28
Триб ходового колеса	10		

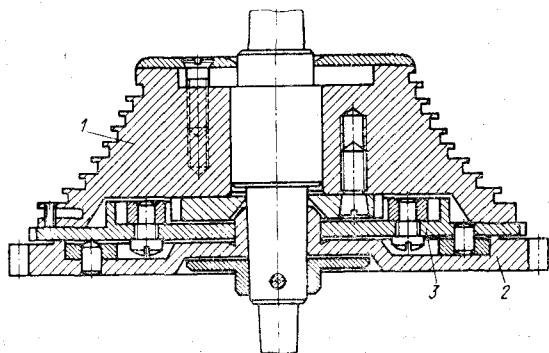
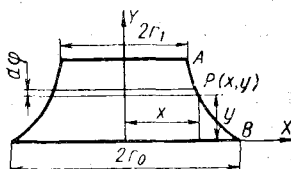


Рис. 142. Стабилизатор момента пружины

Рис. 143. Кривая поверхности корпуса улитки



Передаточное отношение

$$i = i_1 i_2 i_3 = \frac{90 \cdot 80 \cdot 75}{12 \cdot 10 \cdot 10} = 450.$$

Ходовое колесо имеет $z = 16$. Число колебаний баланса в час $n = 450,16 = 7200$ и $T = 0,5$ с.

Кинематическая цепь стрелочного механизма состоит из двух зубчатых пар. Передаточное отношение

$$i = i_4 i_5 = \frac{14 \cdot 18}{56 \cdot 54} = \frac{1}{12}.$$

На рис. 144 показана в разрезе кинематическая цепь стрелочного механизма и зубчатой пары счетчика часов заводки пружины с $z = 12$ и $z_k = 120$; $m = 0,28$ мм.

Триб посажен на ось валика улитки. Полная шкала на циферблате счетчика разделена на восемь частей, что соответствует продолжительности заводки на 64 ч и видно из соотношения

$$n_{\text{зав}} = \frac{56,2 \cdot 120}{8 \cdot 75 \cdot 12} = 64 \text{ ч.}$$

Взаимодействие хода и баланса рассмотрены в гл. 4. Следует лишь указать на параметры основных деталей хода и баланса.

Ходовое колесо. (рис 145, а) имеет зуб фасонной формы, ширина его 1,25 мм при толщине обода, спиц и втулки 0,60 мм, что уменьшает массу колеса.

Баланс (рис. 145, б) биметаллический, разрезной.

Спираль (рис. 145, в) цилиндрическая имеет девять витков и две концевые кривые Филиппса, закрепленные в колодке и колонке.

Наружный диаметр 13,20, высота 8,10 мм, шаг 0,80 мм.

Момент инерции узла баланса $2744 \text{ г} \cdot \text{мм}^2$; момент спирали $0,43289 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ при $\varphi = 1$; масса узла баланса 12,739 г; масса спирали с колодкой и колонкой 1,290 г. Отдельно масса баланса с осью, грузом и роликом составляет 11,449 г, масса спирали 0,522 г.

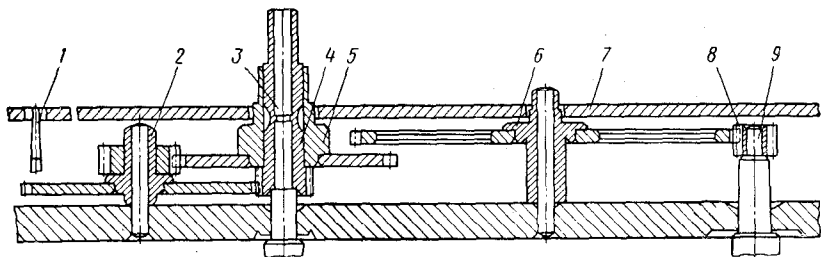


Рис. 144. Разрез механизма хронометра по осям стрелочного механизма:

1 — ось секундной стрелки; 2 — узел триба вехсельного колеса; 3 — узел центрального триба; 4 — минутник; 5 — колесо часовое; 6 — узел колеса счетчика завода; 7 — циферблат; 8 — триб счетчика завода; 9 — валик улитки

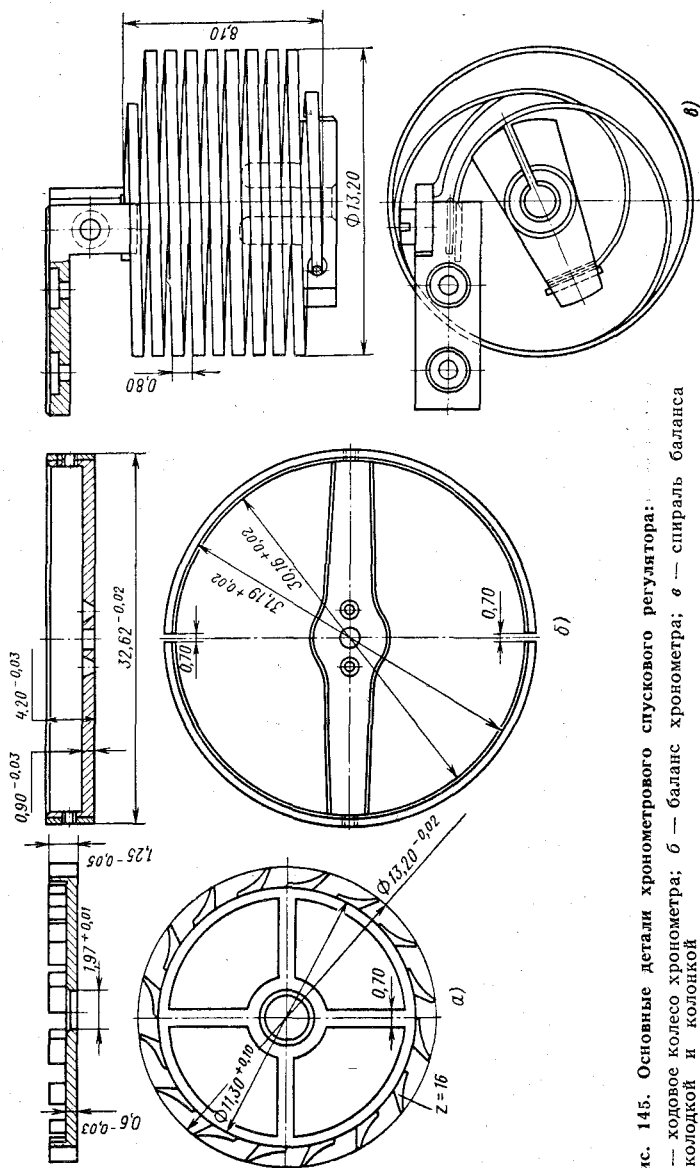


Рис. 145. Основные детали хронометрового спускового регулятора:
 а — ходовое колесо хронометра; б — баланс хронометра; в — спираль баланса с колодкой и колонкой