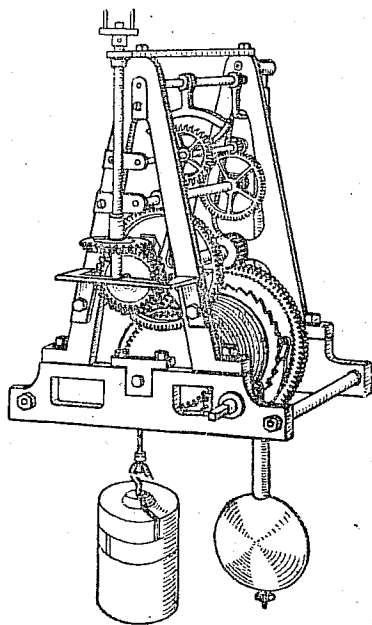


BRAT WAWRZYNIEC PODWAPIŃSKI

ZEGARMISTRZOSTWO

C Z Ę Ś Ć 5.

ZEGARY WIEŻOWE



ZEGARMISTRZOSTWO

Rysunek na okładce tej książki przedstawia mechanizm chodu zegara wieżowego. Bliższe szczegóły opisane są na stronach 45—55.

Tegoż autora

drukiem — z dziedziny zegarmistrzowskiej

A r t y k u ł y :

- „Zegary w starożytności“ — w „Mechaniku“ z 1946 r. na str. 155—156.
„Początki zegara mechanicznego-kołowego“ — w „Mechaniku“ z 1946 r. na str. 254.
„Zegary Średniowiecza“ — w „Mechaniku“ z 1946 r. na str. 275.
„O czasomierzach“ — w Kalendarzu „Rycerza Niepokalanej“ z 1947 r. na str. 63—64.
„Ulepszenia w zegarach (od 1400 do 1700 r.)“ — w „Mechaniku“ z 1947 r. na str. 67—68.
„Udoskonalenia i wynalazki od 1700 r. do czasów obecnych“ — w „Mechaniku“ z 1947 r. na str. 338—341.
Zbiorowy artykuł dyskusyjny o fachowych zagadnieniach zegarmistrzowskich — w „Problemach“ z 1947 r. na 359 str.
„Normalizacja w zegarmistrzostwie“ — w „Wiadomościach PKN“ z 1949 r. na 245—246 str.
„Naciąg samoczynny (automat) w zegarku naręcznym“ — w „Horyzontach Techniki“ z 1949 r. na 364 str.
„Wychwyt chronometryczny“ — w „Horyzontach Techniki“ z 1950 r. na 140—141 str.
„Zegary wieżowe rozpowszechniają się od X wieku“ — w „Przyjacielu Rzemieślnika“ z 22.6.1950 r. na 12 str.
„Służba czasu“ — w „Horyzontach Techniki“ z 1950 r. na 395—399 str.

O p r a c o w a n i a :

- „Historia, nauka i praca zegarmistrzowska“. Stron 110, 55 ilustracji. Wyd. Niepokalanów — 1948 i 1950 r.
„Materiałoznawstwo zegarmistrzowskie i części zamienne“. Stron 192, 221 ilustracji i 21 tablic. Wyd. Niepokalanów — 1948 i 1950 r.
„Maszyny, narzędzia i przybory zegarmistrza“. Stron 310, 537 ilustracji. Wyd. Niepokalanów — 1949 r.
„Czas, kosmografia i zegary słoneczne“. Stron 80, 28 ilustracji. Wyd. Niepokalanów 1950 r.

BRAT WAWRZYNIEC MARIA ALEKSANDER PODWAPIŃSKI

franciszkanin — mistrz zegarmistrzowski

ZEGARMISTRZOSTWO

PRAKTYCZNY PODRĘCZNIK FACHOWY

CZĘŚĆ PIĄTA

ZEGARY WIEŻOWE

**KONSTRUKCJA I DZIAŁANIE WIELKICH
ZEGARÓW MECHANICZNYCH**



N I E P O K A L A N Ó W 1 9 5 2

Format książki A5. Arkuszy druku 25¼. Nakład 4500 + 350 egz.

Papier drukowy satyn. A1, klasa V, 70 g.

Rękopis otrzymano 15.5.52. Druk ukończono 6.9.52.

PZPT. Zakłady Graficzne w Płocku. 1076. 3-B-61169

PRZEDMOWA

W obecnej dobie organizmy społeczne są bardzo złożone. Aby one sprawnie działały, czynności ich muszą być uzgodnione w czasie z dokładnością nie tylko do minuty, ale nieraz nawet do ułamka sekundy. Do liczenia i utrzymywania czasu służą czasomierze. Zegarmistrze zaś troszczą się o należyte działanie tych najpopularniejszych, ale nieraz i bardzo skomplikowanych maszyn. Żeby jednak zegarmistrze mogli dobrze swe prace wykonywać, muszą znać teoretyczne zasady i prawa działania naprawianych przez nich czasomierzy. Kto chciałby bez studiów teoretycznych i dostatecznej praktyki naprawiać zegarki, ten niszczy dobro społeczne, naraża siebie na bezużyteczną stratę czasu i koszty materialne.

Pierwszą w historii Polski szkołę zegarmistrzowską założono w Warszawie w 1917 r., lecz z braku poparcia szkoła ta po paru latach upadła. Z powstaniem jednak Polski Ludowej zorganizowano zaraz szereg liceów, gimnazjów i kursów zegarmistrzowskich, ale nie ma jeszcze odpowiednich podręczników. A przecież wiedza zegarmistrzowska jest bardzo obszerna. W Niemczech na przykład jest w tej dziedzinie około 200 podręczników i wychodzi kilka czasopism.

W Polsce wśród innych wydawnictw i „Zegarmistrzostwo“ ma na celu wypełnić tę lukę i zaradzić pierwszemu brakowi. Dotychczas ukazały się cztery części tej pracy. Są one koniecznym wstępem, gdyż omawiają historię, materiałoznawstwo, narzędzio- i maszynoznawstwo, a część czwarta rozpoczęła ogólną teorię czasomierzy określeniem czasu, kosmografią oraz opisaniami zegarów słonecznych.

Niniejsza część rozpoczyna wyjaśniać teorię czasomierzy mechanicznych, których jest w świecie najwięcej. Na wielkich modelach najłatwiej się uczyć i zrozumieć zawiłe zagadnienia praw fizyki, mechaniki oraz zasady funkcjonowania czasomierzy, dlatego i my zaczęliśmy od wielkich zegarów mechanicz-

nych. Szósta część omówi zegary domowe, a część siódma — zegarki noszone. Teoria zegarów elektrycznych nastąpi po omówieniu sposobów napraw czasomierzy mechanicznych.

Z nadchodzącej korespondencji widzimy, że „Zegarmistrzostwo“ istotnie spełnia swój cel i przyczynia się do podniesienia fachowego poziomu świata zegarmistrzowskiego w Polsce, przez co usprawnia się praca, ulepsza wyniki i zapobiega psuciu cennych mechanizmów, jakimi są czasomierze. Z tych względów wydawanie „Zegarmistrzostwa“ jest skromnym wkładem przy realizowaniu Planu 6-letniego.

W pokonywaniu rozlicznych trudności podczas redagowania tej części „Zegarmistrzostwa“ — oprócz współbraci zakonnych — wiele pomagali:

Prof.	Bielicki Maciej	— korekta rozdziału o zegarach planetarnych,
Mgr Inż.	Borzęcki Feliks	— ogólna korekta fachowa i techniczna,
Pan	Bukowski Józef	— korekta rozdziału o dzwonach,
Kol.	Lewandowski Boleśław	— korekta rozdziału o elektryfikacji,
Prof.	Litwin Edmund	— ogólna korekta fachowa,
Kol.	Mrózek Franciszek	— ogólna korekta fachowa,
Mgr Inż.	Podwapiński Władysław	— ogólna korekta,
Mgr Inż.	Suchocki Edward	— ogólna korekta fachowa i techniczna,
Kol.	Tobolewski Mieczysław	— ogólna korekta fachowa,
Mgr Inż.	Tryliński Władysław	— ogólna korekta fachowa i techniczna,
Kol.	Zybert Antoni	— ogólna korekta fachowa.

Znacznym ułatwieniem w pracach redakcyjnych tej części była literatura fachowa, której bezinteresownie użyli:

Archiwum miasta Poznania, Biblioteka Muzeum Narodowego w Warszawie, Biblioteka PKN-u, Prof. Dembowski Ignacy, Gal-
ski Władysław, Mgr Garda Michał, Grys Antoni, Kręglewski
Juliusz, Krzywiecki Stanisław, Mgr Inż. Ochęduszko Kazimierz,
OO. Paulini — Jasna Góra, OO. Redemptoryści w Krakowie,
Rybacki Józef, Szulc Stanisław, Wasina Józef, Wendołowski Je-
rzy, Wojtczak Józef i Dr Zastawniak Franciszek.

Wszystkim wyżej wymienionym wyrażam prawdziwą
wdzięczność i gorącą podziękę, za Ich ofiarną pomoc oraz skła-
dam serdeczne przez Niepokalaną Bóg zapłać!

brat Wawrzyniec Maria
franciszkanin

Niepokalanów, 15. 3. 1952
p. Teresin k. Sochaczewa

Wyjątki

ze „Spisu treści“ poprzedniej — c z w a r t e j — części „Zegarmistrzostwa“,
pt. „Czas, kosmografia i zegary słoneczne“, w której rozpoczęto teorię
zegarmistrzowską.

I. O CZASIE

A. Pojęcie ogólne

1. Co to jest czas	11
2. Wartość czasu	12
3. Mierzenie czasu	13
4. Trochę kosmografii	14

B. Podział czasu

1. Rok	19
2. Pory roku	20
3. Miesiąc i tydzień	22
4. Dzień — doba	23
5. Godzina, minuta, sekunda	25

C. Rodzaje czasu

1. Czas słoneczny prawdziwy i kąt godzinny	26
2. Czas gwiazdowy i regulowanie zegarów według gwiazd	29
3. Czas średni słoneczny i równanie czasu	31
4. Czas miejscowy i strefowy	33
5. Czas sezonowy (letni, zimowy)	35
6. Przeliczanie czasu	35

D. Służba czasu

1. Rola obserwatoriów astronomicznych	38
2. Centralizacja służby czasu	38
3. Rodzaje radiowych sygnałów czasu	40
4. Regulacja zegarów sygnałami radiowymi	42
5. Zegary telewizyjne	43
6. Inne sygnały czasu	43

E. O czasomierzach w ogólności

II. CZASOMIERZE SŁONECZNE I GWIAZDOWE

A. Ogólnie

- | | |
|-----------------------------|----|
| 1. Aktualność zalety i wady | 49 |
| 2. Rys historyczny | 50 |

B. Budowa zegarów słonecznych

- | | |
|--------------------------------------|----|
| 1. Konstrukcja tarcz | 53 |
| 2. Wyznaczanie miejscowego południka | 60 |
| 3. Ustawianie tarcz | 64 |
| 4. Ustawianie wskazówek | 66 |

C. Rodzaje zegarów słonecznych

- | | |
|---|----|
| 1. Stałe zegary słoneczne | 68 |
| 2. Przenośne i równikowe zegary słoneczne | 71 |
| 3. Zegary gwiazdowe | 76 |

S P I S T R E Ś C I

I. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI O CZASOMIERZACH MECHANICZNYCH

A. ISTOTA	
1. Określenia	19
2. Członny mechanizmu	21
3. Działanie zegara mechanicznego	24
B. RODZAJE I PODZIAŁY	28
C. PODSTAWOWE PRAWA MECHANIKI	
1. Wstęp	30
2. Bezwładność i ciężar ciał	31
3. Siła	32
Definicja i Działanie. Mierzenie siły (str. 33). Moment siły.	
4. Dźwignia	34
5. Równia pochyła	36
6. Praca i energia	38
7. Tarcie	39
Ogólnie. Rodzaje i rola tarcia. Współczynnik tarcia (str. 40). Przyczyny tarcia (42). Przyleganie (43).	

II. ZEGARY WIEŻOWE

A. WIADOMOŚCI WSTĘPNE	
1. Ogólne	45
2. O mechanizmie zegara wieżowego	49
B. NAPĘD	
1. Działanie	55
2. Obciążniki	57
3. Liny	59
4. Krążki	63
5. Bęben, oś i koło napędowe	67
6. Urządzenia zapadkowe	70
7. Napędy pomocnicze mechanizmu chodu	73
Urządzenie przeciwzapadkowe. Napęd dźwigniowy (str. 75). Sprężyny (76). Obciążnikowy z łańcuchem. Różnicowy (77). Napęd ciężarkiem.	

C. NACIĄG	
1. Rodzaje	78
2. Naciąg ręczny	78
3. Nakręcanie zegara.	80
D. PRZEKŁADNIA CHODU	
1. Części składowe i działanie	81
2. Zazębienie	84
Zasady ogólne. Zarys zębów (str. 86). Konstrukcyjne szczegóły kół zębatach (90). Rodzaje kół zębatach (95). Obliczenie kół zębatach (100). Przenoszenie siły napędowej (107). Tarcie w zazębieniu (110). Zazębienie cykloidalne i zegarowe (111). Zazębienie ewolwentowe (114).	
3. Osie, czopy i łożyska	117
E. PĘDNIA	
1. Ogólnie	122
2. Wałki	123
3. Przeguby	124
4. Sprzęgła widełkowe	127
5. Rozrządy	128
6. Ułożyskowanie	131
F. PRZEKŁADNIA WSKAZAŃ	
1. Części składowe i działanie	133
2. Przełożenia przekładni wskazań	135
3. Ułożyskowanie i montowanie	137
G. URZĄDZENIA NASTAWCZE	
1. Rodzaje	140
2. Nastawianie wskazówek	143
H. NAPĘDY POŚREDNIE WYCHWYTÓW	145
1. Sprężynowy	146
2. Obciążnikowy	147
3. Różnicowy	149
Przekładnie obiegowe (planetowe) i różnicowe. Szczegóły różnicowego napędu pośredniego (str. 151). Ulepszony napęd różnicowy wychwyty (153).	
I. WYCHWYTY ZEGARÓW WIEŻOWYCH	
1. Ogólnie	155
2. Podział wychwyty	156
Cofające (str. 157). Spoczynkowe. Wolne (158).	

3.	Wychwył wrzecionowy (szpindłowy)	160
4.	Wychwyty Grahama Ogólnie. Działanie (str. 166). Zasady konstrukcyjne (170). Wychwył Grahama z długą kotwicą (174). Z wymiennymi paletami (178). Ze wzniosem na zębie i pałecie (180).	164
5.	Wychwyty nożycowe Konstrukcja wychwytu nożycowego (str. 186). Wychwył nożycowy Mannhardta (189). Ulepszenia wychwyłów nożycowych (193).	184
6.	Wolne wychwyty wielkich zegarów wahadłowych Pierwsze próby. Wychwył Mudge'a (str. 196). Wychwył Tiede'a (198). Wychwył Bloxama (202). Wychwyty Denisona (204). Wychwył wolny Mannhardta (210).	195
J. REGULATORY		
1.	Ogólnie	213
2.	Podstawowe wiadomości o wahadle Wiadomości historyczne. Wahadło matematyczne (str. 219). Wahadło fizyczne (221). Długość wahadła (221). Zasady działania.	217
3.	Obliczanie wahadła Czas wahnięć. Długość wahadła (str. 227). Tablica długości (231).	226
4.	Części składowe wahadła Zawieszka. Pręt (str. 236). Soczewka (237).	232
5.	Połączenie wahadła z wychwytem	239
6.	Regulacja wahadła Długości. Amplitudy (str. 244).	242
K. TARCZE I WSKAZÓWKI		
1.	Tarcze Ogólnie. Materiał tarcz (str. 246). Kolor (250). Powierzchnia (251). Wymiary. Podziałki (252). Umocowanie tarcz (256).	245
2.	Wskazówki	258
3.	Oświetlenie tarcz i wskazówek Zewnętrzne oświetlenie centralne: reflektorowe, kinietowe, tulejowe (str. 263). Zewnętrzne oświetlenie boczne (264). Oświetlenie wewnętrzne (265). Oświetlenie skrzynkowe: bezpośrednie, odbłaskowe (268). Samoczynne włączanie i wyłączanie światła (269).	261
L. MECHANIZMY BICIA		
1.	Rodzaje	271
2.	Ogólny opis działania	273

3.	Fazy działania Włączanie. Zalot (str. 278). Bicie. Odliczanie (282). Hamowanie (283). Zatrzymywanie. Zespolony mecha- nizm bicia (285).	277
4.	Napęd Długość liny (str. 289).	288
5.	Przekładnia	292
6.	Cięgna	292
7.	Młotki Ogólnie. Ciężar. Umocowanie młotków (str. 298). Po- zycja spoczynkowa (302). Miejsce uderzania (303). Rodzaje uderzeń (304).	295
8.	Dzwony Rozwój historyczny. Dzwony stalowe (str. 309). Tech- nika odlewu (310). Określenia poszczególnych części (311). Dźwięki dzwonu (313). Umieszczenie i dzwonie- nie (314).	306
9.	Żaluzje	317
10.	Urządzenia alarmowe	317
Ł.	OBUDOWY	319
M.	ELEKTRYFIKACJA ZEGARÓW WIEŻOWYCH	
1.	Elektryczne naciągi Naciąg bezpośredni (str. 323). Naciągi łańcuchowe (323). Naciąg korbowodowy (325). Ślimakowy (327). Różni- cowy (329).	321
2.	Wyzwalacze elektryczne	332
3.	Młotki elektryczne	335
N.	INSTALOWANIE ZEGARÓW WIEŻOWYCH	
1.	Wybór fachowca	336
2.	Wybór miejsca	338
3.	Wybór mechanizmu	341
O.	URZĄDZENIA SYGNALIZACYJNE	344
III. ZEGARY DWORCOWE I ULICZNE		
A.	OPISY OGÓLNE	345
1.	Mechanizmy	349
2.	Pędnie	351
3.	Tarcze i wskazówki	352
4.	Obudowy	354

B.	ZEGARY PUBLICZNE NA BOISKACH SPORTOWYCH	355
IV. WIELKIE ZEGARY SPECJALNE		
A.	Z KURANTAMI (KARIOLOWE)	
	1. Szczegóły historyczne	357
	2. Konstrukcje	358
	3. Zegary kurantowe w Polsce	359
	4. Kuranty za granicą	362
	5. Ulepszenia ręcznych mechanizmów kurantowych	363
B.	FIGURALNE	
	1. Początki	364
	2. Polskie zegary figuralne	365
	3. Zegary figuralne za granicą	368
	4. Nowoczesny zegar figuralny	375
C.	PLANETARNE	
	1. Określenia	376
	2. Trudności konstrukcyjne	376
	3. Zegary planetarne w Polsce	380
	4. Niektóre zagraniczne zegary planetarne	381
D.	KUNSTOWNY ZEGAR SZTRASBURSKI	
	1. Historia	387
	2. Globus niebieski	389
	3. Wieczny kalendarz	389
	4. Kalendarz kościelny	392
	5. Główny zegar	394
	6. Planetarium	396
	7. Ruchome figury	396
	8. Zakończenie	399
E.	PLANETARIA	400
	Literatura	405
	Skorowidz alfabetyczny	407

Plan części następnych...

Treść następnych tomów — w ewolucyjnej kolejności zagadnień — planowana jest następująco:

**Konstrukcja i działanie czasomierzy mechanicznych — dalszy ciąg teorii (zegary domowe i zegarki),
technologia zegarmistrzowska (sposoby pracy),
rysunki i obliczenia zegarmistrzowskie,
wykonywanie narzędzi zegarmistrzowskich, części zamien-
nych i modeli,
technika naprawy zegarów,
technika naprawy zegarków,
zegary elektryczne i przemysłowe (konstrukcja, działanie i naprawa),
czasomierze skomplikowane (konstrukcja, działanie i na-
prawa),
zegarmistrzowskie sprawy ogólne i handlowe,
polskie słownictwo zegarmistrzowskie,
szczegółowe plany nauczania zegarmistrzostwa,
egzamin czeladniczy i mistrzowski,
organizacja i sposoby seryjnej (fabrycznej) wytwórczości
czasomierzy.**

Zestawienie ważniejszych oznaczeń

a	— odległość środków
b	— szerokość wieńca (długość zęba)
C	— punkt styczności (środkowy)
d_p	— średnica podziałowa
d_s	— „ dna wrębów
d_w	— „ wierzchołków
F	— pole przekroju
f	— współczynnik tarcia
G	— gram siły
g	— przyspieszenie ziemskie, albo grubość zęba
h_g	— wysokość głowy zęba
h_s	— „ stopy zęba
h_z	— „ zęba
i	— przełożenie przekładni kół zębatach
kG	— kilogram siły
kg	— „ masy
kGm	— kilogramometr (jednostka pracy mechanicznej)
k_r	— naprężenie dopuszczalne na rozrywanie
l_o	— luz międzyzębny — obwodowy
l_w	— luz wierzchołkowy
m	— moduł
n_h	— ilość wahnięć na godzinę
O	— oś koła zębatego
P	— siła
Q	— ciężar
R	— promień bębna
r	— „ koła lub zębniaka

r_p	— promień podziałowy
s	— szerokość wrębu
T	— czas jednego wahnięcia (pół okresu)
t	— podziałka
U	— obwód
U_{kp}	— „ koła podziałowego
W	— grubość wieńca
z	— ilość zębów
π	— wykładnik stosunku obwodu koła do średnicy

I. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI O CZASOMIERZACH MECHANICZNYCH

A. ISTOTA

1. Określenia

Wskazania wszystkich czasomierzy uzależnione są od pewnych, jednostajnie lub okresowo powtarzających się zjawisk. Dla zegarów słonecznych zjawiskiem tym jest, jak już wiemy, pozorny ruch Słońca (wskutek obrotu Ziemi), który stanowi zarazem podstawę mierzenia czasu. Jednak konieczność mierzenia czasu w nocy lub w dni pochmurne zmusiła człowieka do stosowania czasomierzy niezależnych od Słońca. Spośród tych czasomierzy — nieraz bardzo prymitywnych — najbardziej praktyczne okazały się *zegary mechaniczne*, zapoczątkowane około tysięcznego roku po Chr., które stanowią podstawową grupę czasomierzy. Zasada ich działania oparta jest na *ruchu okresowym*¹⁾, podtrzymywanym *energiami mechanicznymi*²⁾.

Czasomierz mechaniczny musi spełniać dwa zasadnicze zadania. Najpierw musi w nieprzerwanej regularności powtarzać przebieg wymagający stale tego samego okresu czasu, a następ-

1) Każdy ruch, w którym ciało powraca po upływie pewnego czasu do położenia początkowego, aby następnie odtworzyć podobny do poprzedniego ruch nazywa się *ruchem okresowym*.

2) Określenie energii mechanicznej znajdzie Czytelnik w rozdziale: I C. 6. — Praca i energia.

nie liczyć te okresy i czynić je dostrzegalnymi dla oka. Tym właśnie przebiegiem, powtarzającym się regularnie i odgraniczającym równe okresy czasu, w zegarach mechanicznych jest *wahanie*¹⁾. To wahanie tworzy miarę, za pomocą której zegar mierzy upływający czas. Jak przy mierzeniu przestrzeni stale przykłada się miarę tam, gdzie ostatnio był jej koniec, tak i poszczególne wahanęcia muszą następować po sobie bez przerwy. Dalej odbywa się składanie tych równych wahaniec na większe okresy, które za pomocą wskazówek uwidaczniane są na tarczy z zaznaczonymi na niej podziałkami odpowiadającymi godzinom, minutom, sekundom, a często nawet częściom sekundy.

Urządzenie poruszające regularnie wskazówki zegara spełnia jeszcze inne ważne zadanie. Utrzymuje ono także w ruchu wahającą się część, czyli tzw. *regulator*, który odmierza liczone na tarczy okresy czasu. Regulatorem tym w zegarach nie noszonych jest zwykle *wahadło*, w zegarkach zaś *balans* (wrzeciono)²⁾.

1) *Wahaniem* nazywamy szereg ruchów okresowych ciała stałego, uważanego za sztywne, obracalnego około osi stałej — zwykle poziomej — nie przechodzącej przez środek masy tego ciała. Ruchy te może ciało wykonywać około położenia równowagi stałej (pionu) pod działaniem ciężaru własnego i bezwładności, po wyprowadzeniu tego ciała z położenia równowagi przy pomocy jakiejś dodatkowej siły zewnętrznej.

2) Mimo, że w początkowych częściach „Zegarmistrzostwa“ używaliśmy nazwy „wrzeciono“, wprowadzonej przez wydawców „Polskiego Sieverta“, to jednak teraz decydujemy się zmienić tę nazwę z powrotem na *balans*. Wyraz ten jest wprawdzie pochodzenia obcego, ale lepiej określa wahlliwe działanie regulatora chodu. Natomiast „wrzecionem“ nazywamy w technice raczej wałek, który obraca się szybko, i to w jedną stronę, jak np. u tokarki, wiertarki itp. W zegarmistrzostwie zaś *wrzecionem* będziemy nazywać jedną z osi zegara „szpindlowego“, na której znajdują się palety. Oprócz tego za *balansem* przemawiają jeszcze i te racje, że jest to nazwa jakby międzynarodowa, używana prawie od początków zegarów mechanicznych nie tylko w Polsce, ale i w Rosji, Anglii, Francji i innych krajach.

Określając krócej, możemy powiedzieć, że *czasomierz mechaniczny* jest przyrządem, który zamagazynowaną w napędzie energię, zamienia na ruch obrotowy, przekształca ten ruch na regularne wahnięcia, a ilość tych wahań liczy i wykazuje na tarczy w postaci jednostek minionego czasu.

Aby ta różnorodność pracy mogła być należycie wykonana, potrzebne są różne współpracujące ze sobą urządzenia (człony), które połączone w jedną całość stanowią *mechanizm zegara*. Szczególnie charakterystycznym członem takiego mechanizmu jest tzw. *wychwył*, który wraz z regulatorem przekształca ruch obrotowy przekładni chodu na wahanie.

Istnieje wiele innych mechanizmów podobnych do zegarowych, jak: liczniki, czujniki, szybkościomierze i tym podobne przyrządy; te jednak wychwyłów nie mają, gdyż w istocie nie są czasomierzami.

W potocznej mowie przyrząd wykazujący ilość zużytego gazu nazywa się czasami „zegarem gazowym“, a przyrząd do mierzenia ilości przepływającej wody — „zegarem wodnym“. Są to jednak nazwy niewłaściwe. Należy więc ich unikać, a stosować nazwy poprawne: gazomierz, wodomierz, utworzone analogicznie do wyrazu czasomierz.

2. Człony mechanizmu

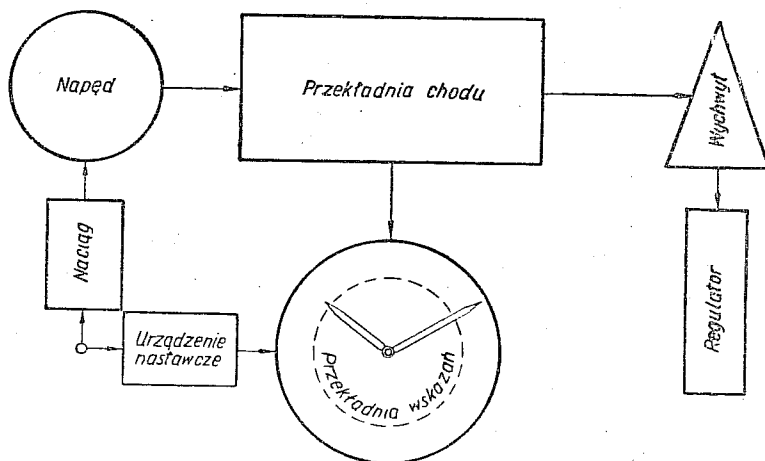
W każdym czasomierzu mechanicznym możemy odróżnić pewne grupy współpracujących części, które nazwiemy *członami*¹⁾. Zależnie od rodzaju czasomierza członów tych może być mniej lub więcej. Jedne z nich są bardzo ważne ze względu na swoje zadanie w mechanizmie, i te znajdują się w każdym cza-

1) Nazwa „zespół“ jest również często stosowana.

somierzu, inne natomiast są tylko dodatkowe. Zasadniczymi członami czasomierza mechanicznego są:

1. napęd,
2. naciąg,
3. przekładnia chodu (chód),
4. przekładnia wskazań,
5. urządzenie nastawcze,
6. wychwyt,
7. regulator.

Schematyczny układ tych członów widzimy na rys. 1.



Rys. 1. Schemat zasadniczych członów czasomierza mechanicznego

Oprócz tego niektóre czasomierze mają mechanizmy sygnalizujące i inne, czasem bardzo skomplikowane zespoły.

Pozostałe części, jak: szkielet (płyty, mostki, filarki), tarcza, wskazówki i cała obudowa mechanizmu nie wchodzi tu w rachubę, ponieważ nie należą tylko do jednego z członów, ale łączą je w całość i uzupełniają konstrukcję czasomierza.

Każdy z poszczególnych członów ma do spełniania w mechanizmie czasomierza pewne określone zadanie.

Napęd skupia energię potrzebną do poruszania mechanizmu czasomierza i przesyła ją równomiernie dalszym członom. Energia ta bywa mu udzielana przez podciągnięcie *obciążnika* lub nakręcenie sprężyny.

Celem *naciagu* jest pośredniczenie i jak największe ułatwienie w dostarczaniu energii napędowi.

Przekładnia chodu przenosi energię z napędu na wychwyty, który w równomiernych odcinkach czasu pozwala na obracanie się poszczególnych *kół*¹⁾ przekładni chodu, skąd ruch ten przenoszony jest na przekładnię wskazań.

1) Tak w pracy warsztatowej jak i prawie w całej polskiej literaturze fachowej (począwszy od pierwszej książki Fr. Czapka z 1850 r. a skończywszy na pracy L. Groszka wydanej w 1947 r.) zegarmistrze używali zdrobniejszej nazwy „kółko”. Słuszność tego zdrobnienia uzasadniało się bardzo małymi rozmiarami kół zębatach, szczególnie w zegarkach kieszonkowych i naręcznych.

W zegarach wieżowych wielkość kół jest na tyle dostateczna, aby nazywać je kołami. Zamierzaliśmy jednak, stosownie do wiekowej tradycji, przyjąć i tu nazwę „kółko”. Po pierwsze dlatego, że nie łatwo byłoby ustalić granice wymiarów między kółkiem a kołem; po drugie — i w mechanizmach zegarów wieżowych też znajdują się małe koła; a po trzecie nie chcieliśmy w słownictwie zegarmistrzowskim wprowadzać podwójnych nazw, np.: koło wychwytowe (w zegarach wielkich) i „kółko” wychwytowe (w zegarach i zegarkach), koło zmianowe i „kółko” zmianowe... Ale członkowie Komisji Mechanizmów Drobnych i Zegarowych Polskiego Komitetu Normalizacyjnego na zebraniu dnia 8. 11. 1950 r. zdecydowali, że odtąd tak w małych jak i w wielkich mechanizmach odpowiednio części powinno się nazywać *kołami*, a nie „kółkami”. Wypada przeto, abyśmy się i my lojalnie temu podporządkowali. Oczywiście, że i zegarmistrze-praktycy, doceniający dążenie do ujednostajnienia słownictwa w naszym zawodzie, winni posługiwać się tylko terminami ustalonymi przez czynniki kompetentne.

Podobnie przedstawia się sprawa z „oškami” i „sprężynkami”.

Przekładnia wskazań odpowiednio zmienia obroty otrzymane od przekładni chodu i przekazuje je zazwyczaj wskazówkom, które przesuwać się nad podziałką tarczy, wskazują czas.

Urządzenie nastawcze służy do nastawiania wskazówek. W zegarkach urządzenie to połączone jest zwykle z naciągami.

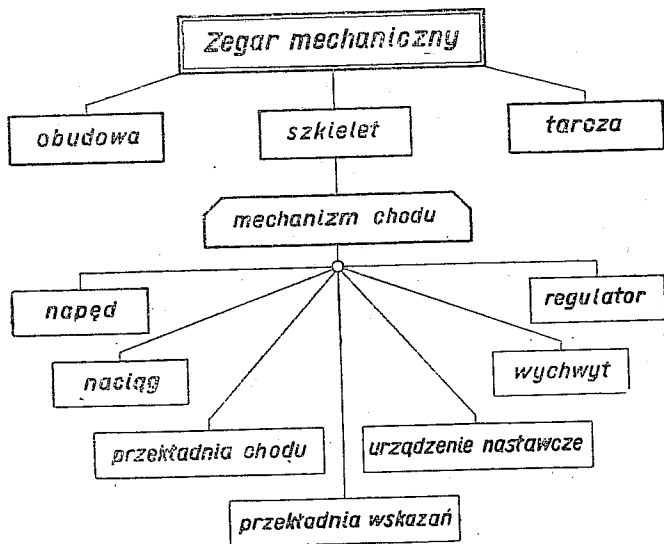
Wychwyty zatrzymuje i uwalnia na przemian obroty ostatniego koła przekładni chodu, a jednocześnie współpracuje ściśle z *regulatorem*, który steruje jego pracą. W tym celu *koło wychwytowe*, bezpośrednio lub poprzez *kotwicę* połączone z regulatorem, jest tak urządzone, że w takt jego wahnięć, przerywanym ruchem obraca się naprzód, oddając za każdym skokiem regulatorowi małą część energii nagromadzonej w napędzie. Wychwyty więc spełnia podwójną rolę: służy do przekazywania energii w postaci drobnych impulsów udzielanych regulatorowi oraz powstrzymuje obracanie się całego mechanizmu. Bez wychwyty mechanizm poruszałby się bez przerwy, aż do zupełnego wyczerpania energii nagromadzonej w napędzie, tj. rozwinięcia się sprężyny, lub całkowitego odwinięcia się liny, na której zawieszony jest obciążnik.

3. Działanie zegara mechanicznego

Omawiając zasadę działania zegara mechanicznego stwierdziliśmy, że jest on mechanizmem, którego szybkość obrotu jest tak regulowana, żeby jego wskazania możliwie najdokładniej zgadzały się z istotnym upływem czasu. Wskazania te uwidaczniane są zazwyczaj obrotami wskazówek przed tarczą. Są jednakże zegary z wyskakującymi cyframi lub tylko bijące. U zegarów z mechanizmami sygnalizującymi, poszczególne odcinki czasu są jeszcze dodatkowo zaznaczane w sposób akustyczny lub optyczny.

Zwróćmy teraz uwagę na wzajemne połączenie członów i głównych części składowych najprostszego czasomierza mechanicznego. Schemat takiego połączenia widzimy na rys. 2.

Każdy z poszczególnych członów składa się z szeregu części, wzajemnie ze sobą współpracujących. Rozważmy w jakiej kolejności przenoszona jest energia napędowa przez poszczególne koła i zębniaki, zwracając także uwagę na właściwe ich nazwy.



Rys. 2. Graficzny schemat zegara mechanicznego

Rys. 3 przedstawia nam uproszczony schemat najważniejszych części domowego zegara wahadłowego o napędzie obciążnikowym. Obciążnik 1 wisi na strunie lub lince 2 i w ten sposób obraca bęben 3 w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówek. Koło zapadkowe 4 połączone z bębniem 3 przenosi obroty za pomocą zapadki 5 na koło przeciwapadkowe 6; koło to jest połączone niewidoczną na tym rysunku sprężyną z kołem napędowym.

Przy nakręcaniu zegara nakłada się korbę na chwyt (kwadrat) wałka naciągowego 8 i obraca się bęben 3, wskutek czego linka 2 nawija się na bęben 3 i podnosi obciążnik 1. Przy tym zapadka 5 przepuszcza koło zapadkowe 4, podczas gdy przeciw-

zapadka 7 przytrzymuje koło przeciwapadkowe 6 i w ten sposób uniemożliwia cofanie się mechanizmu. Równocześnie sprężyna (niewidoczna na tym rysunku) ściśnięta między ramionami koła przeciwapadkowego 6 i koła napędowego 9 wywiera nacisk na koło napędowe, dzięki czemu mechanizm jest napędzany w czasie nakręcania. Koło napędowe przenosi energię na zębnik minutowy 10. Części te od 1 do 9 przedstawiają nam urządzenie napędowe zegara, czyli dwa pierwsze człony: napęd i naciąg.

Przez zazębienie koła napędowego 9 z zębniakiem minutowym 10, obraca się oś¹⁾ minutowa 11. Uzyskujemy w ten sposób obrót przekładni wskazań 12—15 a tym samym i wskazówek 16—17 oraz przekładni chodu 18—23 i wychwyty 25—27.

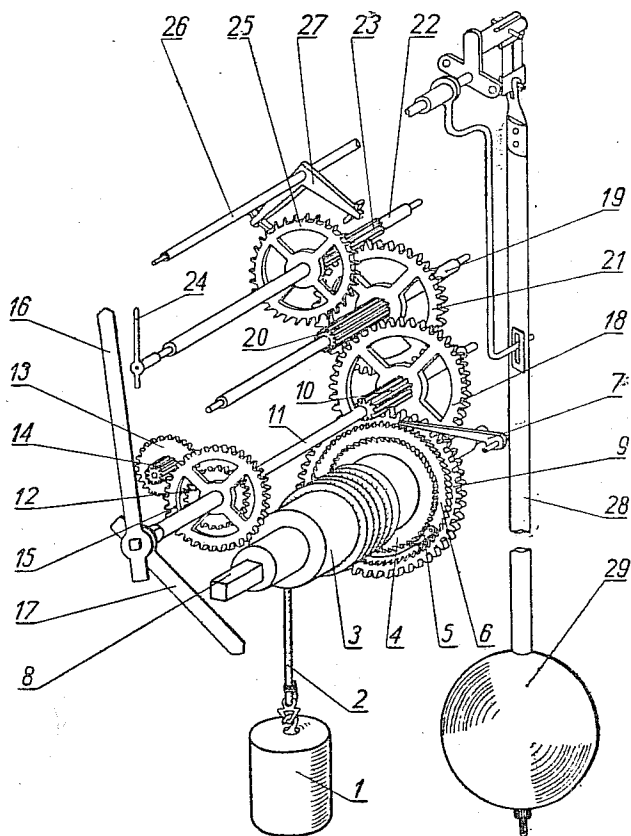
W przekładni wskazań znajduje się koło zębate, tzw. ćwiertnik 12, który w tym wypadku osadzony jest z niedużym tarciami na osi minutowej 11; ćwiertnik ten, na którym osadzona jest wskazówka minutowa 16, zazębia się z kołem zmianowym 13, przez co koło to otrzymuje obrót w lewo. W kole zmianowym 13 osadzony jest na stałe zębniak zmianowy 14, który zazębia się z kołem godzinowym 15 i porusza je w prawą stronę. Koło godzinowe 15, mające w środku tulejkę, osadzone jest luźno na ćwiertniku 12. Na końcu tulejki znajduje się wskazówka godzinowa 17.

Przy nastawianiu wskazówek obraca się wskazówkę minutową 16 z ćwiertnikiem 12, a dzięki ciernemu połączeniu między ćwiertnikiem 12, a osią minutową 11 przekładnia chodu nie musi się obracać; ćwiertnik 12, za pośrednictwem koła zmianowego 13 i zębniaka zmianowego 14 obraca koło godzinowe 15 wraz ze wskazówką godzinową 17.

Koło minutowe 18 połączone na stałe z zębniakiem minutowym 10 a tym samym i z osią minutową 11, przenosi ruch na

1) Określenie i uzasadnienie nazwy znajdzie Czytelnik w 2. części „Zegarmistrzostwa“ na 131 stronie i w tej książce w rozdziale II. D. 3.

zębniak pośredni 20, który wskutek tego obraca się w lewo. Zębniak 20 przez oś 19 obraca koło pośrednie 21 w lewo. Przez ząbkowanie się koła pośredniego 21 z zębniakiem wychwytowym



Rys. 3. Schemat najprostszego zegara domowego

23, oś wychwytowa 22 uzyskuje ruch w prawo; na osi wychwyto-
wowej 22 osadzony jest sekundnik 24 obracający się już we
właściwym kierunku. Koła i zębniaki 11—23 tworzą przekładnię
chodu i przekładnię wskazań.

Z zębnikiem wychwytywym 23, przez oś wychwytywą 22, połączone jest koło wychwytywe 25. Przez obrót w prawo koła wychwytywego 25, kotwica 27 otrzymuje ruch wahadłowy, gdyż ząb koła wychwytywego porusza kotwicę na zmianę, raz w prawo raz w lewo. Koło wychwytywe i kotwica tworzą wychwyty.

Wahadłowy ruch kotwicy 27 przenosi się przez wałek kotwicy 26 i osadzone na nim widelki na regulator chodu, czyli wahadło składające się z pręta 28 i soczewki 29.

B. RODZAJE I PODZIAŁY

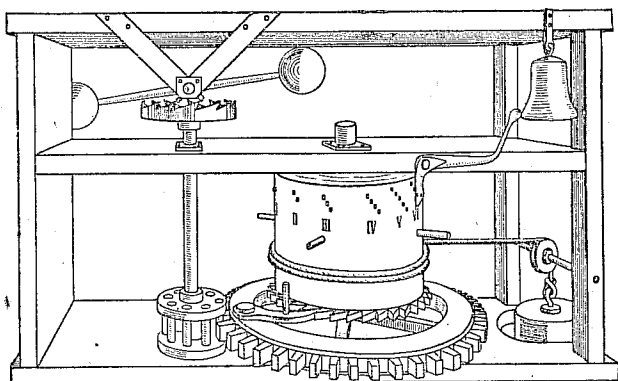
Konstrukcja pierwszych czasomierzy mechanicznych była bardzo prymitywna ¹⁾. Wszystkie części mechanizmu, tj. trzy koła i *kolebnik*, wyrabiane były z drewna i z żelaza, a dopiero w XVI w. zaczęto używać mosiądzu. Były to zegary stosunkowo duże, odpowiadające rozmiarami obecnym zegarom wieżowym, lecz miały zbyt małą przekładnię chodu, wskutek czego musiały być nakręcane co pół dnia, a nawet częściej. Nie wszystkie też miały mechanizmy bicia.

Stopniowe udoskonalanie członów, a zwłaszcza wychwyty, oraz stosowanie lepszych materiałów umożliwiło zmniejszenie poszczególnych części, wskutek czego można było wyrabiać czasomierze o mniejszych rozmiarach.

W ostatnich dziesiątkach lat dokonano wielu znacznych wynalazków nie tylko w dziedzinie metalurgii, ale i w obróbce materiałów, technice warsztatowej itp. Materiały nieżelazne były przedmiotem studiów wielu uczonych. Dzięki temu odkryto dużo nowych stopów, a dawne, jak mosiądz i brąz udoskonalono w ich składzie oraz zdolności opierania się zużyciu i korozji. Rosnąca coraz bardziej liczba nowych odkryć w dziedzinie

¹⁾ O „narodzinach“ i historii czasomierza mechanicznego — patrz 1—20 (pierwsza część „Zegarmistrzostwa“ — strona 20).

metali pozwoliła na udoskonalenie produkcji zegarów. Stale stopowe, zawierające nikiel i chrom, wykazały swoje olbrzymie zalety tak pod względem trwałości jak i odporności.



Rys. 4. Pierwszy czasomierz mechaniczny
(rekonstrukcja autora)

Od swych początków do dni obecnych czasomierz mechaniczny uległ znacznej ewolucji. Dziś spotykamy najrozmaitsze jego rodzaje poczynając od wieżowych olbrzymów, a skończywszy na naręcznych lub pierścinkowych miniaturowkach. Jakież ogromne różnice w ich konstrukcji, jaka różnorodność mechanizmów lub choćby tylko wychwytyw... Niełatwą więc a przecież konieczną rzeczą dla zegarmistrza jest poznanie zasad budowy i działania tych czasomierzy. „Zegarmistrzostwo“ ma przyjść mu w tym z pomocą. A zatem od czego zacząć? W myśl zasady: „właściwy podział ułatwia pracę“ pogrupujemy wszystkie czasomierze mechaniczne. Biorąc pod uwagę ich wielkość, należy najpierw rozróżnić trzy główne grupy:

1. zegary wielkie,
2. zegary,
3. zegarki.

Do zegarów wielkich zaliczamy zegary: wieżowe, uliczne, dworcowe i tym podobne zegary publiczne o wielkich mechanizmach.

Zegary — średniej wielkości — to przeważnie domowe, zasadniczo nienoszone.

Zegarkami nazywamy najmniejsze czasomierze mechaniczne, noszone np. w kieszeni lub na ręce.

Ze względu na przeznaczenie danego czasomierza, a tym samym i jego konstrukcję możemy wyodrębnić:

chodziki, czyli zegary wskazujące tylko czas;

zegary bijące, które oprócz wskazywania czasu wydzwaniają kwadransy, półgodziny i godziny;

zegary specjalne, służące do innych jeszcze, ściśle określonych celów, np. do budzenia, datowania, włączania itp.

W każdej z poszczególnych grup można jeszcze porobić najrozmaitsze podziały, zależnie od tego, pod jakim względem chcielibyśmy ten podział przeprowadzić.

Na przykład według rodzaj: napędów, naciągów, wychwytywów lub regulatorów;

albo też według umiejscowienia lub kształtów mechanizmów.

Zajmiemy się tym bliżej omawiając oddzielnie każdą grupę czasomierzy mechanicznych.

C. PODSTAWOWE PRAWA MECHANIKI

1. Wstęp

Podręcznik nasz staramy się redagować jak najbardziej przystępnie, unikając trudniejszych zagadnień, do których byłaby potrzebna gruntowniejsza znajomość algebry, trygonometrii itp. Jednak przy omawianiu teorii zegarowej nie da się uniknąć niektórych najważniejszych praw i zasad fizycznych oraz prostych wzorów matematycznych. Wyjaśnienie więc tych zagad-

niej okazuje się niezbędne dla zrozumienia i przyswojenia sobie wiadomości, które tu podamy. Zresztą trochę „gimnastyki“ myślowej i ćwiczenia technicznego nie zaszkodzi, tym bardziej, że do opanowania teorii zegarmistrzostwa znajomość tych praw jest nawet konieczna. Prosimy jednak się nie obawiać, gdyż nadal starać się będziemy nie narażać Czytelnika na zbytne „łamanie“ sobie głowy.

Już w ogólnym opisie działania czasomierza, oraz w rozważaniu zagadnienia czym jest zegar mechaniczny, spotkaliśmy się z takimi nazwami, jak: siła, energia, praca, tarcie itp., którymi określaliśmy przyczyny pewnych zjawisk. W dalszym ciągu opisów konstrukcji i działania zegarów będziemy już rozpatrywać jaką rolę spełniają te zjawiska w mechanizmie zegara.

2. Bezwładność i ciężar ciała

Jeżeli stoimy na przykład w jadącym wagonie, a wagon ten nagle się zatrzyma, to ciało nasze ma dążność posuwania się dalej, tak że musimy użyć wysiłku, aby się zatrzymać razem z wagonem. Gdy zaś wagon rusza z miejsca, to również z naszej strony potrzeba wysiłku, aby utrzymać równowagę. Albo drugi przykład. Kamień dopóty będzie leżał na ziemi, dopóki go się nie poruszy. Tak samo kamień poruszony, dopóty będzie trwał w ruchu, dopóki mu coś nie przeszkodzi. Ta właściwość wspólna wszystkim ciałom zwie się *bezwładnością*. Objawia się ona w oporze, jaki stawiają ciała, gdy staramy się wprowadzić je w ruch, albo zmienić kierunek lub prędkość ruchu, mimo że nie są one skrepowane żadnymi przeszkodami. Opór ten będzie tym większy, im większą *masę* posiada ciało oraz im gwałtowniej chcemy spowodować zmianę jego szybkości lub kierunku ruchu. Mały kamień łatwiej daje się poruszyć od dużego, gdyż bezwładność jest wprost proporcjonalna do masy ciała.

Według definicji Newtona (czyt. Niutona) masa ciał materialnych jest miarą ilości materii zawartej w ciele. Według

innego, równie prawidłowego określenia, masa jest miarą oporu bezwładnego lub bezwładności ciała. W każdym miejscu ziemi (i poza nią) masa ciała jest wielkością stałą i nie zależy od sił zewnętrznych, działających na ciało. Wszystkie zaś ciała przyciągają się wzajemnie z tym większą siłą, im większe są ich masy, a mniejsze odległości między nimi. Ponieważ w naszym otoczeniu największą masę ma ziemia, dlatego wpływ jej przyciągania jest przeważający. Tę właśnie siłę przyciągania ciała przez ziemię nazywamy *ciężarem*. A więc ciężar ciała zależy od *siły ciężkości*, która jest niejednakowa w różnych punktach powierzchni ziemi, ponieważ ziemia nie jest dokładną kulą. Wobec tego masa ciała i jego ciężar są do siebie proporcjonalne w danym miejscu ziemi. Masę ciała można więc określić za pomocą siły ciężkości. Masę ciała i ciężar uważamy jako równoważne, mimo, że to nie odpowiada rzeczywistości, gdyż masa ciała zostałaby ta sama także wówczas, gdyby siła przyciągania była mniejsza lub zupełnie ustała.

Na tej właśnie zasadzie siły ciężkości polega działanie obciążników napędzających mechanizmy zegarów.

3. Siła

a. Definicja i działanie

Jeżeli chcemy poruszyć z miejsca jakiś przedmiot, musimy wywrzeć na niego pewne działanie, np. popchnąć albo pociągnąć, mówiąc inaczej musimy użyć siły. To samo odnosić się będzie do dźwignięcia przedmiotu do góry. Widzimy w przyrodzie i w technice, że podobne oddziaływanie na ciała pochodzą nie tylko od istot żywych, ale także od innych ciał, np. wiatr porusza gałęzie drzew, obciążnik lub sprężyna napędza mechanizm zegara. Te oddziaływania jednych ciał na drugie nazywamy *siłami*.

Jako regułę należy przyjąć fakt, że każda siła pochodzi od jakiegoś ciała działającego na inne.

Żadne ciało nie może działać siłą samo na siebie. Zasada ta chroni od wielu nieporozumień i błędów.

W niektórych wypadkach działanie siły nie uwidacznia się na zewnątrz. Wtedy zaś, gdy siła wywołuje ruch, zmienia go lub wstrzymuje, działanie jej jest widoczne. Według tych skutków działania rozróżniamy siły przyczyniające się do poruszania oraz siły hamujące (znoszące ruchy). Siły hamujące nazywamy na ogół *oporami*.

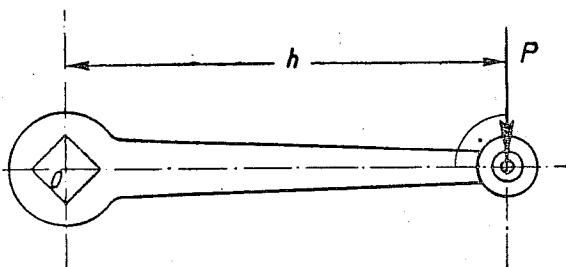
b. Mierzenie siły

Pomiar siły można wykonać w rozmaity sposób. Praktycznie można mierzyć siłę ciężarem ciała, utrzymywanego bezpośrednio przez nią w równowadze. W technice siły mierzy się przeważnie w *kilogramach siły*,¹⁾ które oznacza się skrótem kG w odróżnieniu od kilograma masy oznaczanego przez kg. 1 kg masy jest przyciągany przez ziemię z siłą 1 kG. Gdy więc unosimy kamień o masie 1 kg, wówczas możemy powiedzieć, że na rękę działa siła 1 kG. Zegarmistrze posługują się przy obliczaniu siły mniejszą jednostką, tj. gramem siły — G.

c. Moment siły

Wyobraźmy sobie ciało obracalne około osi stałej O (rys. 5). Jeżeli do tego ciała w odległości h od osi O przyłożymy siłę P , to wywołamy ruch obrotowy tego ciała. Odległość h nazywamy *ramieniem siły*. Mnożąc siłę przez ramię siły otrzymujemy nową wartość, którą nazywamy *momentem siły* lub *momentem obrotowym*. Stąd też siłę działającą na obwodzie koła pomnożoną przez promień tego koła nazywamy krótko — momentem. Pojęcie momentu siły najczęściej występuje w ruchu obrotowym.

¹⁾ W ostatnich latach toczy się ogólnoswiatowa dyskusja, której przedmiotem jest sprawa zmiany nazwy jednostki siły z kilograma siły (kG) na kilopond (kp).



Rys. 5. Rysunkowe wyjaśnienie momentu siły

4. Dźwignia

Dźwignia i równia pochyła są to urządzenia pośredniczące w przenoszeniu siły. Zastosowanie ich powoduje zmniejszenie przewyciężanego oporu kosztem zwiększenia przebytej drogi lub odwrotnie. Do nich należą także: *krążek*, *kołowrót*, *klin* i *śruba*. Wszystkie te najprostsze urządzenia można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

1. dźwignia, kołowrót, krążek i wielokrążek (blok);
2. równia pochyła, klin i śruba.

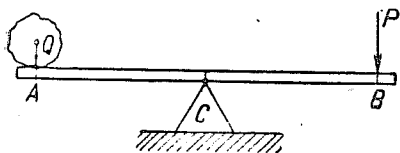
W mechanice otrzymały one wspólną nazwę: *maszyny proste*.

Nie tylko w zegarmistrzostwie, ale i w życiu codziennym bardzo często spotykamy się z dźwignią. Jej zastosowanie jest tak różnorodne i rozpowszechnione, że widzimy ją wszędzie: drąg woźnicy do podnoszenia ciężarów, ster łódki, szczypce i kleszcze, rączka imadła, zapadka, koło zębate itp., oparte są na zasadzie dźwigni.

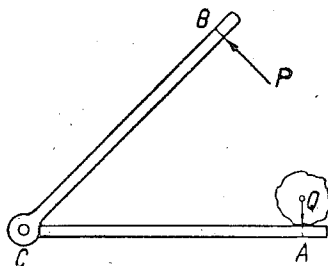
Rozróżniamy dźwignie: dwustronną (dwuramienną) i jednostronną (jednoramienną). Dźwignia dwustronna może być równoramienna lub nierównoramienna.

Dźwignia równoramienna (rys. 6 — strzałki wskazują kierunki działania sił) ma tam zastosowanie gdzie chodzi o zmianę kierunku siły bez zmiany jej wielkości. Jeżeli w końcowych

punktach A oraz B , jednakowo oddalonych od punktu podparcia (obrotu) C , i ciężar Q i siła P są równe, to dźwignia znajduje się w równowadze. Zasada działania dźwigni równoramiennej jest taka sama, bez względu na to, czy ramiona dźwigni AC oraz BC są w linii prostej (rys. 6), czy pod dowolnym kątem (rys. 7).

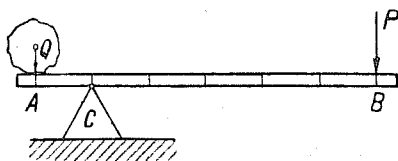


Rys. 6. Dźwignia równoramienna



Rys. 7. Kątowa dźwignia równoramienna

Zupełnie inaczej, przy takim samym obciążeniu końców, działa dźwignia *nierównoramienna*. Ramię dźwigni BC jest na rys. 8 pięciokrotnie dłuższe niż ramię AC . Jeżeli w punkcie A

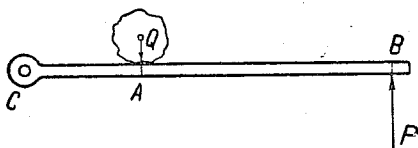


Rys. 8. Dźwignia nierównoramienna

położony jest ciężar Q , to siła P działająca na punkt B może być pięciokrotnie mniejsza i mimo to dźwignia będzie w równowadze. Gdyby ramię BC było 10 razy dłuższe niż ramię AC , to do podniesienia ciężaru Q , położonego w punkcie A , wystarczyłaby tylko $1/10$ tej siły P . Oczywiście w takim wypadku punkt B musi odbyć pięciokrotnie lub dziesięciokrotnie dłuższą drogę aniżeli punkt A .

Dźwignia jednostronna (rys. 9) jest zwykle dźwignią nierównoramienną, której punkt zaczepienia ciężaru Q i dźwigająca siła

P znajdują się po jednej stronie punktu podparcia (na tym samym ramieniu), lecz działają w przeciwnych kierunkach. Przy



Rys. 9. Dźwignia jednostronna

użyciu dźwigni nierównoramiennej lub jednostronnej można działanie siły dowolnie zwiększać lub zmniejszać.

Z powyższych rozważań wynikają trzy prawa mechaniki odnośnie do dźwigni:

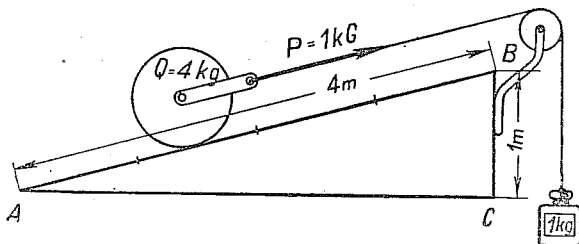
1. Dźwignia równoramienne jest w równowadze jeżeli siły działające po obu stronach są sobie równe. Siłami tymi lub jedną z nich, może być np. ciężar ciała;
2. Na nierównoramiennej lub jednostronnej dźwigni siły pozostają w równowadze, jeżeli znajdują się w odwrotnym stosunku do długości ramion tej dźwigni;
3. Ile zyskamy na sile przy krótszym ramieniu dźwigni, tyle musimy stracić na odbytej drodze lub na szybkości ruchu przy dłuższym ramieniu. Twierdzenie to można również odwrócić: co zyska się na odbytej drodze lub na szybkości ruchu, traci się na sile. Jest to tzw. „złota reguła mechaniki“.

5. Równia pochyła

Do przenoszenia siły używa się w zegarmistrzostwie także *równi pochyłej* oraz *linii śrubowej*, działających według tych samych praw. Równia pochyła służy w mechanice podobnym celom jak dźwignia i na podobnych zasadach jest oparta.

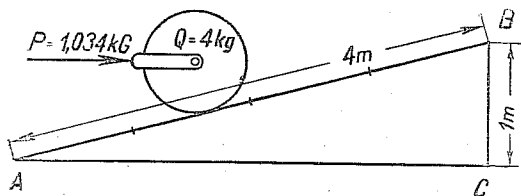
Na równi pochyłej (rys. 10) o długości $AB = 4$ m, której wysokość pionowa CB wynosi 1 m, siła 1 kG działająca równoległe do równi, podtrzymuje w równowadze ciężar 4 kg. Gdyby

te 4 kg poruszono ku górze, to uniosłyby się na wysokość 1 m, podczas gdy kilogramowy odważnik musiałby odbyć cztery razy dłuższą drogę, mianowicie drogę odpowiadającą długości równi pochyłej.



Rys. 10. Siła działa równoległe do równi pochyłej

Gdyby zaś na tej samej równi pochyłej ten sam ciężar 4 kg miał być utrzymany w równowadze przez siłę P , działającą równoległe do linii podstawowej AC (rys. 11), to siła ta musiałaby być nieco większa ($1,034 \text{ kG}$). W tym przypadku siła P tak się ma do ciężaru Q jak wysokość CB do długości podstawy AC .



Rys. 11. Siła działa równoległe do podstawy równi pochyłej

Wynika z tego, że i tutaj siła i ciężar znajdują się w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do długości odbytych dróg. Widzimy więc, że siła i droga (lub szybkość) zależą od siebie w ten sposób, że jedno może być zwiększone tylko kosztem drugiego. Zastosowanie tego prawa spotykamy w wychwytach kotwicznych na powierzchniach wzniosu (skosu) palet.

6. Praca i energia

Sama siła nie daje nam jeszcze pojęcia o osiągniętym przez nią działaniu, podobnie jak sam widok konia ciągnącego wóz nie daje nam pojęcia o wydajności tego konia. Musimy również wiedzieć, jak daleko on go ciągnął. Ocenę zdolności mechanicznej daje nam wynik z pomnożenia siły przez długość przebytej drogi. Iloczyn tych dwóch czynników nazywamy *pracą mechaniczną*.

Zrozumie się to łatwiej na przykładzie podnoszenia pionowo do góry za pomocą liny pewnego ciężaru Q ważącego, np. 4 kg, gdy wykonaną przy tym pracę mechaniczną przedstawimy w liczbach. Aby podnieść ten ciężar do góry na wysokość 1 m, musimy użyć siły skierowanej do góry wzdłuż liny, a więc ciągnąc liną w górę siłą P co najmniej równą 4 kG. Wykonana praca mechaniczna będzie wynosić:

$$4 \text{ kG} \cdot 1 \text{ m} = 4 \text{ kGm}$$

Skrót kGm oznacza *kilogramometry*, które są jednostkami pracy mechanicznej. Gdybyśmy ten ciężar podnieśli na tę samą wysokość, mnożąc teraz 1 kG przez 4 m otrzymujemy również 4 kGm. (rys. 10), wówczas — jak wiemy — potrzeba byłoby nieuwzględniając tarcia tylko 1 kG siły, ale ciężar odbyłby dłuższą drogę. Mnożąc teraz 1 kG przez 4 m otrzymujemy również 4 kGm. Widzimy więc, że praca mechaniczna nie może być powiększona żadnym przyrządem. Przeciwnie, część energii traci się przez występujące przy każdym ruchu opory przeciwdziałające.

Gdy podnosimy jakiś ciężar z ziemi pionowo na pewną wysokość, wykonujemy określoną pracę, która — jak wiemy — będzie równa iloczynowi ciężaru przez wielkość drogi (czyli ilość pracy równa się w tym przypadku: ciężar pomnożony przez wysokość). Na skutek zmiany położenia podniesiony ciężar nabywa zdolności wykonania pracy, takiej samej, jaką zużyto na zmianę jego położenia. Praca wykonana nie poszła na marne,

lecz tkwi w zmienionej pozycji ciężaru względem ziemi. Ciężar ten posiada *energię potencjalną*¹⁾.

Jeżeli więc jakieś ciało wykazuje zdolność do wykonania pracy, mówimy wtedy, że ciało to posiada *energię*. Ilość wykonanej pracy jest miarą energii. Mierzy się ją w tych samych jednostkach co i pracę.

Spośród wielu rodzajów energii najczęściej występują następujące jej formy: energia mechaniczna: kinetyczna i potencjalna, cieplna, chemiczna, elektryczna i atomowa. Energia jest niezniszczalna i z niczego sama powstać nie może.

Wszelkie maszyny służą do zamiany jednego rodzaju energii na inny, bardziej użyteczny. Podobnie i zegar jest maszyną, która zamienia energię potencjalną na energię kinetyczną.

Ponieważ we wszystkich maszynach występują opory tarcia, dlatego praca wykonywana przez siły napędzające częściowo jest pracą użyteczną, częściowo zaś pracą straconą. Stosunek pracy użytecznej do pracy włożonej nazywamy *sprawnością* maszyny.

7. Tarcie

a. Ogólnie

W każdym mechanizmie, w którym jedne części posuwają się po drugich w czasie ruchu występują opory, które ten ruch hamują, tzn. że przeciwdziałają siłom nadającym mechanizmowi ruch. Takie opory nazywamy *tarciami*. Tarcie jest więc siłą, która występuje zawsze przy posuwaniu się ciał na pewnej powierzchni, gdyż powierzchnie te nigdy nie mogą być idealnie gładkie. Po najstaranniejszym nawet wyrównaniu i wypolerowaniu pozostaną zawsze pewne drobne nierówności hamujące wzajemne posuwanie się ciał po sobie.

¹⁾ Energia potencjalna jest to utajona zdolność wykonania pewnej pracy. Po usunięciu ujarzmiającej ją przeszkody ujawnia się ona jako *energia kinetyczna*, czyli energia ruchu.

b. Rodzaje i rola tarcia

Zależnie od tego, czy jedno ciało po drugim posuwa się lub toczy, rozróżniamy tarcie: *suwne* (posuwiste, poślizgowe) lub *toczne* (potoczyste). Tarcie toczne jest mniejsze niż tarcie suwne.

W zegarach występują obydwa rodzaje tarcia. W zwykłych (ślizgowych) łożyskach zegara występuje tarcie suwne (poślizgowe), natomiast w łożyskach kulkowych — tarcie toczne. Przy współpracy zazębień koła i zębniaka występują jednocześnie obydwa rodzaje tarcia. Z obliczeń i praktyki wynika, że strata na tarcie — od napędu do wychwytu — wynosi najczęściej około $\frac{2}{3}$ energii oddanej przez napęd. U lichszych zegarów straty te oblicza się nawet na $\frac{9}{10}$.

Nie zawsze jednak tarcie jest tym złem, którego za wszelką cenę staramy się pozbyć. W zastosowaniach technicznych, a więc i w mechanizmach zegarowych, występuje ono w dwu rolach:

1. Jako siła konieczna lub pożyteczna dla osiągnięcia pewnych celów, np.: tarcie kół napędowych parowozu o szyny, tarcie pomiędzy łączonymi częściami maszyn, w zegarkach — tarcie ćwiertnika na osi minutowej itp.
2. Jako siła oporowa powodująca stratę energii w maszynach: tarcie czopów w łożyskach, tarcie w kołach zębatych, tarcie na paletach itp.

W tej drugiej roli tarcie zmniejsza się bardzo wydatnie przez smarowanie, zapobiegające bezpośredniemu stykaniu się trących powierzchni. Rozróżniamy więc tarcie *suche* i *plynne* (mokre) zależnie od tego czy wzajemnie trące się części stykają się bezpośrednio, czy też przedzielone są warstewką oliwy lub innego smaru.

c. Współczynnik tarcia

Wielkość tarcia suwnego oblicza się według tzw. *współczynnika tarcia*, który jest współczynnikiem proporcjonalności (wykładnikiem stosunku) siły tarcia do siły nacisku. Jeżeli więc

siłę tarcia T podzielimy przez nacisk N to otrzymany wynik będzie współczynnikiem tarcia f .

$$\text{Czyli: } f = \frac{T}{N}$$

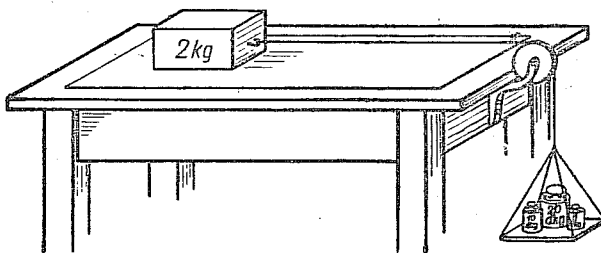
Doświadczalnie można by ustalić współczynnik tarcia w następujący sposób:

Na metalowej gładkiej powierzchni kładziemy również metalową kostkę o ciężarze np. 2 kg, przywiązując do niej cienki sznurek, przerzucony przez krążek, jak na rys. 12. Do drugiego końca sznurka przywiązujemy kawałek deseczki lub blachy, tworząc z niej rodzaj szalki. Następnie kładziemy na szalkę takie odważniki, by sztabka, po lekkim jej pchnięciu, posuwała się po metalowej powierzchni. Okazuje się, że musimy położyć na szalkę mniej więcej 35 dkg. A więc siła tarcia T w tym przypadku wynosi około 0,35 kG, a siła nacisku $N = 2$ kG.

Podstawiając teraz wartości z naszego doświadczenia do wzoru otrzymamy współczynnik tarcia

$$f = \frac{T}{N} = \frac{0,35}{2} \approx 0,17$$

Za pomocą takich doświadczeń, jednak wykonanych z większą dokładnością, można by ustalić, że gdy stal posuwa się po



Rys. 12. Ustalanie współczynnika tarcia

stali (na sucho), to współczynnik tarcia wynosi 0,15. Jeżeli natomiast stalowa sztabka polerowana, będzie się posuwać po powierzchni rubinowej, to współczynnik tarcia jest około 0,1.

W praktyce chodzi nam raczej o obliczenie siły tarcia. Wówczas należy siłę nacisku pomnożyć przez współczynnik tarcia wyszukany w tablicy¹⁾. W tym celu przekształcamy poprzedni wzór i otrzymujemy:

$$T = N \cdot f$$

Wyżej wspomnianym doświadczeniem można jeszcze udowodnić bardzo ważne twierdzenie. Jeżeli sztabkę położymy węższym bokiem na płycie, przy posuwaniu okaże się, że siła tarcia jest taka sama jak poprzednio. Widzimy więc, że tarcie (na sucho) nie zależy od wielkości powierzchni trących się o siebie, jeżeli oczywiście jedna z nich nie jest tak mała, że siła nacisku powoduje odkształcenie (np. zarysowanie) drugiej.

d. Przyczyny tarcia

Reasumując wyniki naszych rozważań o tarcu możemy stwierdzić, że siła tarcia jest zależna od następujących czynników:

1. od siły nacisku trących się ciał,
2. od rodzaju materiałów tych ciał,
3. od stopnia gładkości stykających się powierzchni,
4. od tego, czy powierzchnie styku są suche, czy też pokryte warstewką smaru,
5. od szybkości poruszania się ciał. Zależność ta jest zupełnie różna dla ciał suchych i dla smarowanych.

Natomiast siła tarcia na sucho jest niezależna od wielkości stykających się powierzchni.

Punkt pierwszy mówi, że tarcie wzrasta w miarę zwiększania się ciężaru, jakim jedno ciało ciśnie na drugie. Przy stosunkowo

1) Współczynniki tarcia, obliczone i dla innych materiałów, podawane są w tablicach kalendarzy technicznych lub innych książek fachowych.

małym ciężarze trących się wzajemnie części mniejszych mechanizmów zegara, tarcie nie będzie tak duże.

Jeżeli chodzi o dalsze punkty, to dobór odpowiednich materiałów jest sprawą konstruktorów. Natomiast my, zegarmistrze, powinniśmy dążyć do zmniejszania zbędnych oporów tarcia, przez staranne polerowanie i racjonalne smarowanie trących się powierzchni. Należy przy tym pamiętać, że oprócz tarcia istnieje jeszcze inna przyczyna oporów w ruchu stykających się bardzo małych części maszynowych, która tym silniej działa, im bardziej staramy się o zmniejszenie tarcia. Przyczyną tą jest zjawisko fizyczne polegające prawdopodobnie na działaniu sił międzycząsteczkowych, czyli tzw.

e. Przyleganie

Nie można przylegania (adhezji, przylepności, przywieralności) brać za tarcie, gdyż tarcie, jak wiemy, jest tym większe, im bardziej chropowate są powierzchnie i im większy jest nacisk, który ciała przyciska do siebie; tarcie jednak jest niezależne od rozmiarów ocierających się powierzchni. Przyleganie natomiast jest tym większe, im większe są powierzchnie zetknięcia i, co dziwniejsze, wzrasta z gładkością tych powierzchni. Jest ono jednak niezależne od siły nacisku.

Jeżeli dwie powierzchnie ciał posuwają się po sobie, działa przy tym równocześnie i tarcie, i przyleganie. Gdy więc opór tarcia zmniejszamy przede wszystkim przez dokładne wygładzenie (polerowanie) powierzchni, to aby wskutek tego nie powiększyło się przyleganie, zmniejszamy, o ile to możliwe, powierzchnie zetknięcia. Pamiętać jednak należy, że tarcie i przylegania nie da się całkowicie usunąć nawet przez największe ograniczenie stykających się powierzchni.

Przyleganie działa jeszcze w większym stopniu tam, gdzie w celu zmniejszenia tarcia i przeciw zużyciu metalu daje się

nico oliwy (np. na powierzchniach wzniosu i spoczynku, w łożyskach), gdyż między oliwą i powierzchniami działa również siła przylegania. Ponieważ przyleganie staje się tym silniejsze, im gęstsza jest oliwa, wskutek wyparowania pewnych składników i wniknięcia pyłu i brudu, dlatego zegary należy od czasu do czasu czyścić i oliwić.

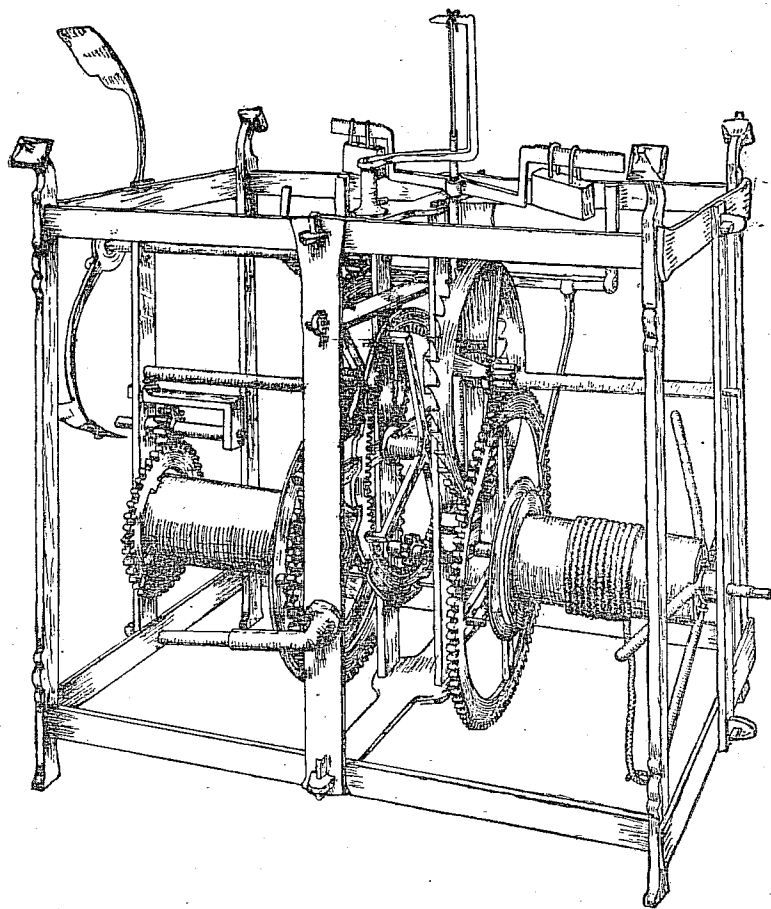
II. ZEGARY WIEŻOWE

A. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

1. Ogólne

Spośród wiekich zegarów mechanicznych na pierwszy plan wysuwają się *zegary wieżowe*. Na to wyróżnienie zasługują one nie tylko ze względu na swą wielkość i historyczne pierwszeństwo, ale także ze względu na budowę, szczególnie zaś na charakterystyczne mechanizmy bicia. Mechanizmy te, jak również całe zegary wieżowe, bywają różnych konstrukcji. Oczywiście nie ma mowy, by opisać wszystkie rodzaje tych zegarów. Praca ta jest o tyle utrudniona, że ostatnie wojny zniszczyły wiele cennych okazów, a Polska nie ma żadnej literatury z tej dziedziny, zagranica zaś nader skąpą. Dlatego autor starał się wybrać tylko najbardziej typowe przykłady. W tym celu odbył szereg podróży, by na miejscu uzyskać tak historyczne jak i techniczne szczegóły oraz poznać zalety i wady rzadziej spotykanych zegarów wieżowych.

Samej nazwy „zegary wieżowe“ nie potrzeba objaśniać. Chcemy jednak zaznaczyć, że zegarami wieżowymi nazywami te zegary, których tarcze umieszczone są na zewnętrznych ścianach wież lub innych dużych budynków, a mechanizmy znajdują się wewnątrz tych wież w pewnym oddaleniu od tarcz. Są to przeważnie zegary publiczne. Nie należy więc mieszać tu zegarów domowych mających obudowę w kształcie wieży-



Rys. 13. Mechanizm zegara wieżowego z XIV w.

czek, lub zegarów znajdujących się — zwłaszcza dawniej — w pokojach strażniczych na wieżach, służących tylko do użytku strażaków lub strażników.

Nie ulega wątpliwości, że zegar wieżowy był pierwowzorem, z którego rozwinęły się wszystkie inne zegary mechaniczne.

Wydaje się również pewne, że najpierw były one budowane i używane w klasztorach, gdzie członkowie zgromadzeń musieli znać dokładnie poszczególne godziny dnia i nocy, ażeby mogli punktualnie spełniać służbę Bożą. Wiemy również z historii i zabytków muzealnych, że pierwotne zegary nie miały w ogóle tarcz, lecz tylko mechanizmy bicia (rys. 13). Jeszcze i dzisiaj można spotkać zegary bez tarcz, np. w Anglii, na wieżach niektórych katedr i opactw.

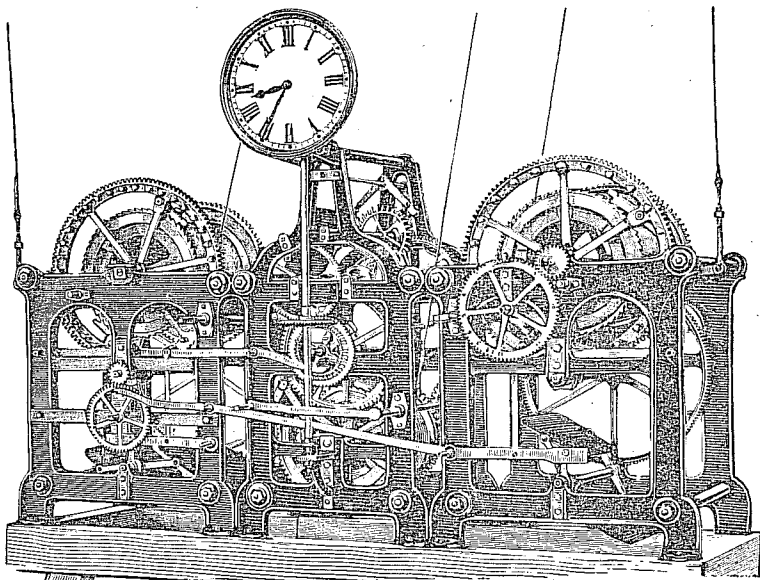
Jak wszystkie czasomierze tak i zegary wieżowe ulegały licznym przemianom. Znajdujemy tutaj różne rodzaje od najprostszych do precyzyjnych, od mechanicznych do elektrycznych, od wskazujących tylko godziny do skomplikowanych mechanizmów bijących i zegarów wskazujących dnie i pory astronomiczne oraz ozdobionych różnymi ruchomymi figurami, które przedstawiały rozmaite sceny z historii biblijnej czy też z życia codziennego. Wykonywanie podobnych arcydzieł sztuki zegarowej miało swe źródło w nieustannej pomysłowości, połączonej z wytrwałością ówczesnych mistrzów.

Jak wyglądały dawne, początkowe mechanizmy zegarów wieżowych, daje nam o tym pewne wyobrażenie rys. 13, przedstawiający mechanizm zegara zbudowany jeszcze w XIV wieku, który do 1872 r. był czynny na zamku w Dover.

Szkielet tego zegara — wykonany ręcznie — ma połączenia klinowe. Z prawej strony znajduje się mechanizm chodu o wychwycie wrzecionowym (szpindlowym). Mechanizm ten nakręca się widocznymi rączkami, osadzonymi na metalowej osi. Na tej osi znajduje się drewniany bęben z nawiniętą na nim konopną liną. Z lewej strony mieści się mechanizm bicia, który nakręca się korbą zakładaną na kwadrat. Nieco wyżej widać wiatrak o charakterystycznym kształcie.

Zegary wieżowe budowane w ostatnich dziesiątkach lat są bardziej udoskonalone, mimo że ich wielkość pozostała prawie bez zmian. Same mechanizmy stanowią dość skomplikowaną

maszynę (rys. 14) o stosunkowo dużej ilości wałków, osi, kół zębatych i zapadkowych oraz różnego rodzaju dźwigni. Odznaczają się też lepszą regularnością chodu, dzięki zastosowaniu lepszych wychwytywów i odpowiedniejszych materiałów. Koła i łożyska są przeważnie z brązu albo z mosiądzu, a szkielety z żeliwa lub ze stali.

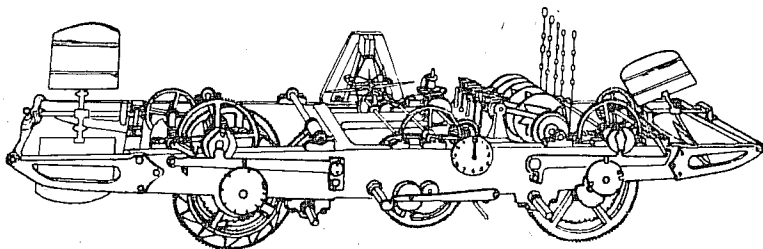


Rys. 14. Mechanizm zegara wieżowego wysokiej konstrukcji

Udoskonalenie takiego zegara można posunąć jeszcze dalej przez wprowadzenie *pośredniego napędu wychwyty* i przez zastosowanie łożysk kulkowych. Zegar z takimi ulepszeniami został zbudowany w 1950 roku przez braci franciszkanów w Niepokalanowie i umieszczony na wieży miejscowego kościoła poświęconego czci Niepokalanego Poczęcia Matki Bożej.

Zegary nowszej produkcji mają mniejsze mechanizmy, dzięki przeprowadzeniu dokładnych obliczeń i zmniejszeniu części zegara do rozmiarów wymaganych przez wytrzymałość materiałów.

Na rys. 15 widzimy mechanizm jednego z takich nowoczesniejszych zegarów, bijący kwadranse i godziny, wyprodukowany przez zagraniczną firmę Dent. Człony tego mechanizmu rozłożone są bardziej płasko niż poprzedniego zegara. Dzięki temu dostępność ich jest znacznie lepsza, co ułatwia obsługę i konserwację.



Rys. 15. Mechanizm nowoczesny zegara wieżowego niskiej konstrukcji

2. O mechanizmie zegara wieżowego

Urządzenie zegara wieżowego-mechanicznego, o jakim obecnie mówimy, jest w zasadzie zawsze jednakowe. Mamy tu bowiem mechanizm zegara, wieżę lub inną część budynku, która stanowi jakby zewnętrzną obudowę tego mechanizmu, i tarczę (jedną lub więcej) ze wskazówkami. Połączenie mechanizmu ze wskazówkami może być mniej lub więcej skomplikowane, zależnie od wzajemnego położenia w danym obiekcie oraz od rodzaju wykonania. Natomiast większe różnice zachodzą w samym mechanizmie.

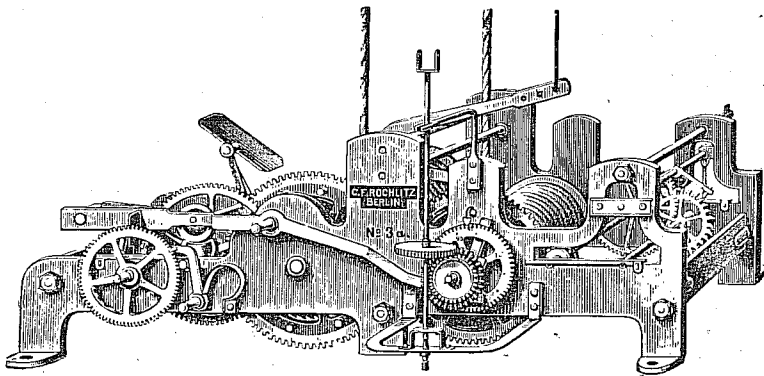
Nie należy przypuszczać, że budowa zegarów wieżowych różni się od zegarów domowych tylko powiększeniem wymiarów wskazówek, obciążników, młotków i na tym koniec. Mechaniczne zegary wieżowe buduje się na tych samych zasadach co i duże maszyny. Natomiast zagadnienia konstrukcyjne zegara i zegarka opierają się na „drobnej mechanice“, a więc buduje się je nieco inaczej.

Jest jeszcze dalsza różnica między zegarem wielkim a małym. W zegarze małym energia do uniesienia młotka jest bardzo nieznaczna i równa się mniej więcej energii potrzebnej do poruszenia wahadła. Natomiast w zegarze wielkim podniesienie kilku — a czasem kilkunastokilogramowego młotka, wymaga wielokrotnie większej energii aniżeli napęd mechanizmu chodu, nawet łącznie z większymi wskazówkami. Dlatego mechanizmy te muszą być odpowiednio silnie budowane.

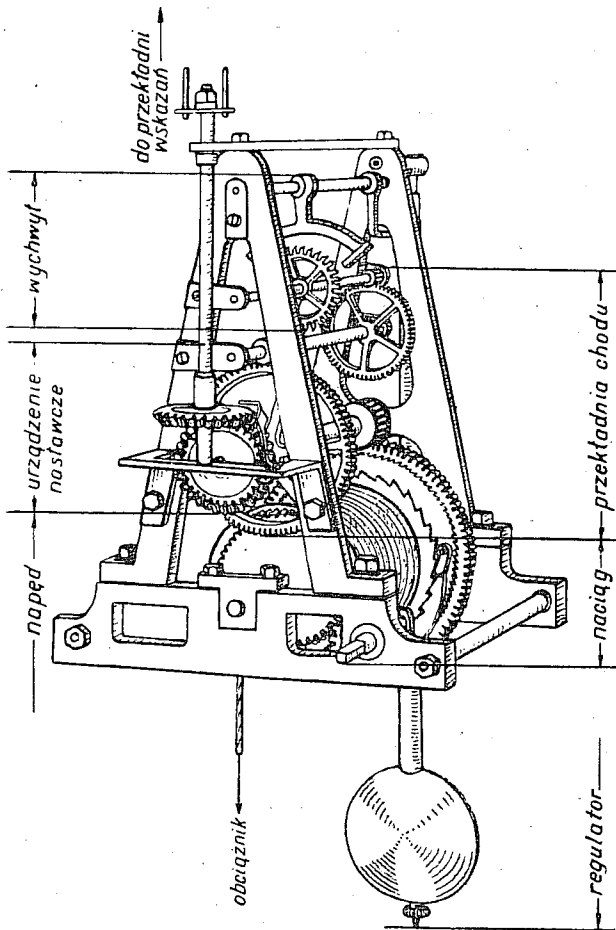
Typowy zegar wieżowy ma zwykle następujące mechanizmy:
chodu,
bicia kwadransów,
bicia godzin.

Te trzy mechanizmy są zmontowane zwykle na jednym postumencie i stanowią jakby jedną całość. Są wprowadzane i mniejsze zegary wieżowe, mające dwa lub jeden mechanizm, ale takie zegary wydzwaniają tylko godziny, albo w ogóle nie biją.

Nieruchome części mechanizmu, mianowicie płyty połączone filarkami, między którymi umieszczone są ruchome części, nazywamy *szkieletem*. Służy więc on za podstawę dla łożysk przekładni chodu i do umocowania innych części. Szkielet musi być dostatecznie silny, aby mógł oprzeć się nie tylko naporom we-

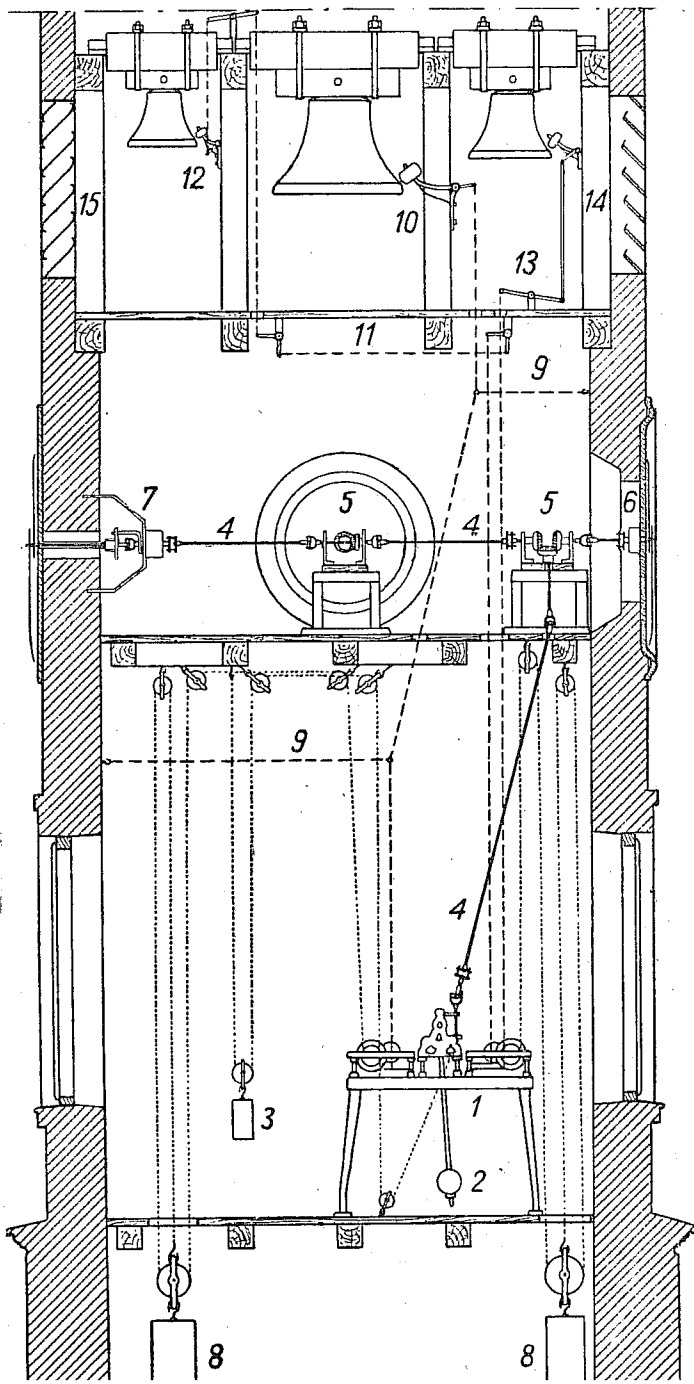


Rys. 16. Mechanizm zegara wieżowego niskiej konstrukcji



Rys. 17. Człony mechanizmu chodu zegara wieżowego

wnętrznym mechanizmu ale i wpływom zewnętrznym. Szkielety zegarów wieżowych wykonywane są w ten sposób, aby możliwy był dostęp do wszystkich części, a zwłaszcza do tych, które należy częściej kontrolować.



Rys. 18.

Dawny sposób budowania szkieletu zegara polegał na wykonaniu pewnego rodzaju klatki składającej się z pionowych i poziomych belek, w których wywiercano łożyska dla czopów. W niektórych zegarach łożyska te były wykonane z innego metalu i przynitowane do belek. Jednak lepiej jest, gdy łożyska są przykręcane tak, by można je było oddzielnie wkładać i wyjmować. Ułatwia to przy montażu lub demontażu zegara wkładanie i wyjmowanie poszczególnych kół i zębników. We Francji po raz pierwszy zastosowano składane boki szkieletu, zwłaszcza do mechanizmów chodu, gdzie górna część w kształcie litery A, mieszcząca urządzenie wychwytowe, przykręcana jest do części dolnej.

Zależnie od wzajemnego położenia osi, można rozróżnić mechanizmy wysokiej, średniej lub niskiej konstrukcji.

W zegarach wysokiej konstrukcji (rys. 14) poszczególne osie umieszczone są jedne nad drugimi; chodzi tu bowiem o oszczędność miejsca w kierunku poziomym.

W zegarach średniej konstrukcji, mechanizm chodu jest zwykle konstrukcji wysokiej, a mechanizmy bicia ułożone poziomo.

Zegary niskiej konstrukcji (rys. 16) mają wszystkie osie ułożone poziomo jedne obok drugich, wskutek czego sprawdzanie zegara, czyszczenie i oliwienie jest bardziej udostępnione.

W mechanizmie chodu zegara wieżowego, będącego czasomierzem mechanicznym, możemy również odróżnić poszczególne

Rys. 18. (obok). Urządzenie zegara wieżowego: 1 — potrójny mechanizm, 2 — wahadło, 3 — obciążnik mechanizmu chodu, 4 — pędnia z przegubami i sprzęgłami widełkowymi, 5 — rozrządy, 6 — tarcza zegara z przymocowaną od wewnątrz przekładnią wskazań, 7 — przekładnia wskazań oddalona od tarczy, 8 — obciążniki mechanizmów bicia, 9 — odciągi ciągną do młotków, 10 — zwykłe urządzenie młotka, 11 — ciągną do młotków na dwóch dźwigniach kątowych, 12 — młotek poruszany od góry, 13 — młotek poruszany drążkiem, 14 — żaluzje wykonane z drewna, 15 — żelazne żaluzje z odwiniętymi krawędziami przeciwdeszczowymi.

człony (rys. 17). Człony te mogą być mniej lub więcej skomplikowane, zależnie od konstrukcji zegara. U niektórych zegarów dochodzi jeszcze pośredni napęd wychwyty, który, jako dodatkowy, jest oddzielnym członem. Rozrząd i przekładnia wskazań znajdują się przy tarczy, więc na tym rysunku nie są widoczne.

O mechanizmie bicia i jego członach będziemy mówić nieco dalej po opisanu „chodzika“.

Do napędu mechanizmów zegara wieżowego służą obciążniki zawieszane na linach i krążkach.

Ponieważ tarcza i dzwony znajdują się zwykle w znacznym oddaleniu od samych mechanizmów, a napędzanie dużego mechanizmu i ciężkich wskazówek wymaga dużych momentów obrotowych oraz odpowiedniej przestrzeni na opad obciążników, dlatego urządzenia, łączące mechanizm chodu ze wskazówkami, i mechanizmy bicia z dzwonami, są czasem dość skomplikowane.

Przekładnię wskazań napędza pośrednia przekładnia, czyli tzw. *rozrząd*, połączony *pędnia* (wałkami) z przekładnią chodu. Jeżeli zegar ma cztery tarcze, to do każdej potrzebna jest przekładnia wskazań, i oczywiście para wskazówek.

Połączenie mechanizmów bicia z dzwonami lub gongami używa się za pomocą *ciągien* (lin, drutów) oraz dźwigni prostych lub kątowych, którymi porusza się młotki uderzające w dzwony.

Schemat zegara wieżowego z całkowitym urządzeniem bicia godzin i kwadransów widzimy na rys. 18. Zdarza się czasem, że rozmieszczenie mechanizmu, dzwonów i tarcz nie zawsze tak jest przeprowadzone jak w tym typowym przykładzie. Dzwony mogą być umieszczone poniżej tarcz, lub nawet niżej mechanizmu. Sposób rozmieszczenia zależy przede wszystkim od konstrukcji wieży, zwłaszcza wtedy, gdy w czasie jej budowy nie przewidziano instalacji zegara.

Już z tych ogólnych opisów widzimy, że zegar wieżowy składa się z szeregu członów i zespołów urządzeń, które harmonijnie ze sobą współpracują. Praca ta w ogólnym wyniku zdaje

się być prostą, lecz aby zrozumieć zasady działania zegara, należy przyjrzeć się jeszcze czynnościom poszczególnych części, czym zajmiemy się przy omawianiu członów zegara wieżowego.

B. NAPĘD

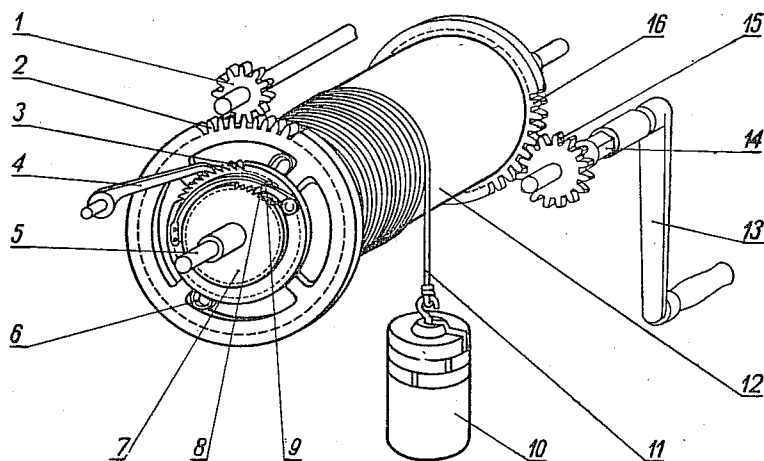
1. Działanie

Źródło ruchu wskazówek, poruszających się proporcjonalnie do upływającego czasu, znajduje się w pierwszym członie mechanizmu zegara, tj. w napędzie. W nim odbywa się przekształcanie nagromadzonej energii na ruch obrotowy. W różnych zegarach rozmaicie bywa to rozwiązane.

W zegarach wielkich, a w znacznej mierze i w zegarach, najczęściej dotychczas stosowanym sposobem napędu jest obciążnik, który wprowadza w ruch cały mechanizm za pomocą urządzenia napędowego. Przez zastosowanie obciążnika uzyskujemy stałość momentu napędowego (siły napędowej). Dlatego we wszystkich zegarach mechanicznych, od których wymagamy dokładniejszego chodu, stosujemy ten rodzaj napędu, mimo że zastosowanie napędu obciążnikowego jest ograniczone, gdyż pod mechanizmem musi być wolne miejsce do opadania obciążnika, a stosowanie go w zegarach przenośnych jest niemożliwe.

Urządzenie napędowe mechanizmu zegara wieżowego widzimy na rys. 19. Obciążnik 10 zawieszony jest na linie 11. Drugi koniec liny przymocowany jest do bębna 12, który osadzony jest na stałe na osi napędowej 5. U niektórych zegarów wieżowych oś napędowa ma chwyt czworokątny, na który można włożyć korbę do podciągnięcia obciążnika. Częściej jednak spotyka się naciąg przez przekładnię, podobnie jak na rys. 19. Przez kręcenie korbą lina nawija się na bęben w ten sposób, że zwoje układają się obok siebie. Obciążnik napędza mechanizm

równą siłą przez cały czas chodu, tj. od jednego nakręcenia do drugiego. Długość liny nie ma oczywiście większego wpływu na działanie siły działającej na obwodzie bębna, gdyż stosunkowo mały jej ciężar nie wchodzi w rachubę, a siła stale działa na tym samym ramieniu (promieniu bębna, o ile zwoje liny nie są nałożone na siebie).



Rys. 19. Urządzenie napędowe zegara wieżowego

Koło napędowe 2 osadzone jest luźno na osi napędowej 5. Bęben zaś umocowany jest na tej osi na stałe. Aby podczas chodu zegara obciążnik nie obracał bębna bez zabierania koła 2, osadzone jest na stałe również na osi 5 koło zapadkowe 7, z którym zazębia się zapadka 8. Zapadka ta przymocowana jest obrotowo do ramienia koła przeciwapadkowego 3. Koniec tej zapadki przyciskany jest do koła zapadkowego przez sprężynę 9, aby w czasie nakręcania zegara ślizgał się on łatwo po zębach koła zapadkowego. Gdy następuje przerwa w nakręcaniu, zapadka zatrzymuje bęben, ponieważ nachylenie zębów koła zapadkowego w kierunku zapadki nie pozwala na obrót w tę stronę. Dzięki urządzeniu zapadkowemu podczas chodu zegara os i koło napędowe poruszają się jakby jedna całość.

W takim zegarze, w którym części napędu ułożone są w ten sposób jak na rys. 19, pędnia wyprowadzona jest od osi minutowej, na której osadzony jest zębnik 1. Natomiast w innych zegarach, szczególnie z codziennym naciągiem, bęben osadzony jest na osi luźno, a koło bębna — na stałe (rys. 29). Wówczas koło zapadkowe i przeciwzapadkowe umieszczone są pomiędzy bębniem i kołem napędowym. Pędnia zaś w tym przypadku wyprowadzona jest od osi napędowej.

Przy kole napędowym oprócz zwykłego urządzenia zapadkowego widzimy na rys. 19 jeszcze tzw. urządzenie przeciwzapadkowe, do którego należy koło przeciwzapadkowe 3, przeciwzapadka 4, i sprężyna 6. Jest to pomocniczy napęd zegara, służący do podtrzymywania chodu w czasie nakręcania.

Urządzenie do nakręcania zegara, czyli tzw. naciąg, stanowią części od 13 do 16. Ponieważ naciąg jest niejako osobnym członem mechanizmu, dlatego opiszemy go oddzielnie po omówieniu napędu.

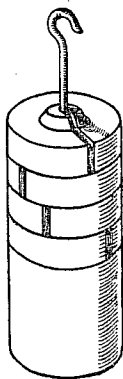
2. Obciążniki

U starszych zegarów wieżowych spotyka się obciążniki z dużych kamieni, do których w razie potrzeby można dodawać mniejsze kamienie lub kawałki żelaza. U nowszych zegarów obciążniki takie są wykonane z żeliwa (rys. 20), do których w miarę potrzeby dokłada się dodatkowe płyty.

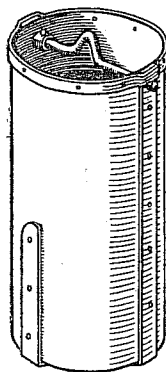
Stosuje się również obciążniki blaszane w kształcie wiader (rys. 21) wypełnione piaskiem, kamieniami, lub odpadkami żelaza. Piasek musi być dobrze wysuszony. Masywne obciążniki żeliwne są objętościowo mniejsze, ale droższe i trudniejsze do transportu aniżeli wiadra blaszane, które w razie potrzeby można wykonać na miejscu.

Z poprzednich rozważań wynika, że siłę potrzebną do napędu zegara można by obliczyć. Istnieje bowiem następująca zasada: siła potrzebna do napędu zegara musi być wyrównana przez obciążnik. Za lekki obciążnik nie poruszy mechanizmu, za cięż-

ki zaś spowoduje niewłaściwe funkcjonowanie i za szybkie zużycie się mechanizmu. Jednak obliczenie ciężaru obciążnika potrzebnego do napędu zegara wieżowego nie jest takie proste, mimo że teoretycznie jest możliwe. Trudność polega na określeniu wielkości oporów tarcia w mechanizmie i oporów ruchu regulatora. Dlatego ustalanie siły napędowej odbywa się zwykle doświadczalnie.



Rys. 20. Obciążnik
żelwny



Rys. 21. Obciążnik
z blachy

Jeżeli obciążnik jest za lekki, to wahnięcia wahadła są za małe i zegar staje; gdy zaś obciążnik jest za ciężki, wahnięcia są za wielkie i wskutek tego zegar trudno wyregulować. Największą dokładność wskazań zegara uzyskuje się wtedy, gdy wahadło ma taką amplitudę wahania, jaka wynika z konstrukcji danego wychwytu. W tym celu, jeżeli w lecie zegar dobrze chodzi, to jak wiemy z praktyki, na zimniejszą porę roku obciążniki musimy powiększyć, gdyż oliwa w mechanizmie gęstnieje.

Mechanizm chodu, w stosunku do mechanizmu bicia, wymaga do napędu niedużego obciążnika. Stosuje się więc nieraz taką kombinację, że mechanizm chodu obsługuje mały obciążnik podnoszony łańcuchem drabinkowym (Galla, przegubowym) od kwadransowego mechanizmu bicia.

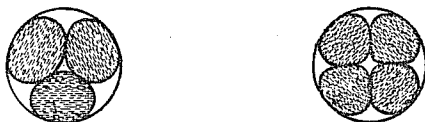
3. Liny

Obciążnik zegara wieżowego zawieszony jest na linie przymocowanej drugim końcem do bębna. Lina taka musi być dostatecznie mocna, aby wytrzymała stosunkowo wielki obciążnik, a jednocześnie dość elastyczna, aby swobodnie nawijała się na krążki.

Do tego celu bywają używane dwa rodzaje lin:

1. liny konopne (powrozy),
2. liny stalowe (druciane).

Liny konopne wyrabiane są z konopi europejskich (rosyjskie, zgrzebne badeńskie) lub włókien manilskich otrzymywanych z liści bananów rosnących na wyspach Filipińskich. Liny z włókien manilskich są mniej giętkie, lecz więcej odporne na wilgoć, dlatego używa się ich do prac na odkrytym powietrzu. Liny takie skręcane są z trzech albo czterech sznurów. Przekroje widzimy na rys. 22.



Rys. 22. Przekroje lin konopnych

Jeżeli liny konopne przed założeniem przepojone były łożem zmieszanim z grafitem, przez co uodpornione zostały na wpływy atmosferyczne, to długotrwałość ich znacznie się zwiększyła. Oprócz tego należy je posmarować od czasu do czasu miękkim mydłem, aby się nie strzępiły. Lina z konopi rosyjskich np. o średnicy 13 mm może być obciążona ciężarem 130 kg, przy ośmiokrotnym współczynniku bezpieczeństwa.

Dawniej używano przeważnie lin konopnych, które jednak nie odznaczały się zbyt dużą wytrzymałością. U starych zegarów wieżowych obciążniki zawieszane były na takich właśnie linach. Zdarzało się nieraz, że lina się przerywała, a obciążnik

potężnym uderzeniem przebijał kondygnacje wieży, zwłaszcza wtedy, gdy nie było ochron z piasku, kamienia lub trocin. Jedną z przyczyn takich wypadków może być i to, że liny konopne łatwiej się przekrecają, strzępią, a wiszące nitki zaczepiają się łatwo i powodują przeszkody w normalnym opadzie.

Obecnie stosuje się przeważnie *liny stalowe*, które okazały się bardziej praktyczne od konopnych, chociażby dlatego, że mogą być 5 do 6 razy cieńsze. Wprowadzenie więc lin stalowych umożliwiło budowanie krótszych bębnow, a tym samym węższych szkieletów i mechanizmów, zamiast dawnych niezgrabnych „magłów“. Są one jednak sztywniejsze niż liny konopne.



Rys. 23. Przekroje lin stalowych

Liny stalowe wykonywane są z cienkich drutów o dużej wytrzymałości na obciążenie. Składają się przeważnie z 6 skrętek po 6 lub 7, a nawet więcej drutów w każdej, skręconych na konopnym rdzeniu (rys. 23). Rdzeń ten czyni linę więcej giętką.

Ponieważ liny pracują przeważnie na otwartym powietrzu, dlatego wykonywane są także z drutu cynkowanego i same liny prócz tego są też cynkowane. Liny cynkowane są nieco kruche i poszczególne druty łatwiej się rozszczepiają, wskutek czego wytrzymałość ich jest około 10% mniejsza. Jeżeli niecynkowana lina o średnicy 9 mm, skręcona z 42 drutów o średnicy 1 mm, zrywa się pod działaniem ciężaru 3990 kg, to taka sama lina cynkowana zrywa się przy 3610 kg. Dużą jednak zaletą pocynkowania jest większa odporność na korozję. Ponieważ urządzenia zegarów wieżowych nie są wystawione na bezpośrednie działania atmosferyczne, dlatego można stosować niecynkowane liny stalowe, a dla uchronienia od rdzy należy je od czasu do czasu posmarować mieszaniną łożu lub oliwy z grafitem. Zwykle liny, spotykane w handlu, są nieco za sztywne do na-

pędu zegarów wieżowych. Najlepsze byłyby z niskoprocentowej stali (żelaza) sześć- lub czterozwojne, z cienkich drucików o średnicy 0,3 do 0,5 mm, w zależności od średnicy bębna.

Grubość liny dobieramy odpowiednio do ciężaru obciążnika, przy czym zwracamy uwagę na ilość drutów w lince i ich średnicę, czyli na pole przekroju liny. Obliczając bowiem jej wytrzymałość na rozrywanie, należy siłę obciążenia liny P podzielić przez naprężenie dopuszczalne na rozrywanie k_r , skąd otrzymamy pole przekroju F .

$$F = \frac{P}{k_r}$$

Dzieląc pole przekroju F przez pole jednego drutu o średnicy dowolnie dobranej otrzymujemy ilość drutów w lince.

Gdyby na przykład obciążnik ważący 100 kg miał wisieć na jednej lince, to siła ciężkości P działająca rozrywająco na lincę będzie wynosić 100 kG. Naprężenie dopuszczalne wyszukujemy z tablic wytrzymałościowych, podawanych w kalendarzach technicznych. Przy obciążeniu statycznym dla stali węglowej k_r można przyjąć 15 kG/mm². Obliczamy przekrój według wzoru:

$$F = \frac{P}{k_r} = \frac{100}{15} \approx 6,66 \text{ mm}^2.$$

Przyjmując średnicę drutu 0,5 mm obliczamy jego przekrój:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \approx 0,196 \text{ mm}^2.$$

Ilość drutów w lince będzie:

$$6,666 : 0,196 \approx 34 \text{ druty.}$$

Ponieważ w jednej skrętce może być 6 drutów przyjmujemy więc lincę o 6 skrętkach, czyli o 36 drutach. Średnica takiej liny wynosić będzie 4 do 5 mm, zależnie od grubości rdzenia konopnego znajdującego się w środku liny i sposobu skręcenia drutów.

Na obydwu końcach liny powinny być zrobione ucha. Jedno z nich służy do przymocowania liny na bębnie, a drugie do zawieszenia obciążnika. Od wewnętrznej strony ucha dobrze jest założyć półokrągło wygiętą blaszkę (szczególnie na tym końcu przy obciążniku), aby uchronić linę od szybkiego wytarcia się, ponieważ w tym miejscu najbardziej narażona jest na wypracowanie. Koniec liny za uchem nie powinien odstawać, aby następne zwoje nie zaczepiały o niego. Najlepiej jest przycisnąć ten koniec do liny i owinąć dokładnie miękkim drutem, a potem oblutować. Jeżeli przy jakimś zegarze stosuje się jeszcze liny konopne, to wystające końce poza uchem wplata się w linę.

Liny od mechanizmów powinny być przeprowadzone w górę, aby w ten sposób uzyskać większy opad, a tym samym i większy zapas chodu. Przeprowadzenie bowiem lin od mechanizmu w dół, przeszkadza niepotrzebnie w niższych pomieszczeniach, które mogą być użyte na inne cele.

Do opadu obciążnika muszą być przewidziane otwory w jednej lub w dwóch podłogach, zależnie od konstrukcji wieży, dlatego wybiera się takie miejsce, aby liny i obciążniki nie przeszkadzały w przechodzeniu. Ważniejszą jeszcze racją odsunięcia obciążników od miejsc uczęszczanych jest i to, aby w razie zerwania się liny uniknąć nieszczęśliwego wypadku.

Miejsca, gdzie przechodzą liny z obciążnikami oraz otwory w podłogach powinny być zaopatrzone w barierki, lub też w inny sposób zabezpieczone. Jednym z takich sposobów jest rodzaj rynny zrobionej z desek. Również dobra, chociaż kosztowniejsza, byłaby druciana siatka.

Trwałość lin jest zależna od konserwacji i od ilości przegięć, jakich liny doznają w danym napędzie. Dlatego w budowie napędów linowych należy przestrzegać następujących zasad:

1. stosować przegięcia tylko jednokierunkowe,
2. bezwzględnie unikać ostrych przegięć,
3. zapewnić racjonalną konserwację.

Niebezpieczeństwo przzerwania się lin, tak konopnych jak stalowych zawsze istnieje. Dlatego co kilka lat należy je skrupulatnie sprawdzać. Wymiana lin powinna się odbywać dość często, co jest najlepszym zabezpieczeniem od wypadków. Inna rzecz, że dobre, wielosplotowe liny stalowe, gdy są należycie konserwowane, wytrzymują długie lata. Wytrzymałość lin stalowych jest nieco mniejsza w zimie niż w innych porach roku.

Na wypadek zerwania się lin stosuje się na ogół skrzynki wypełniane wiórami, trocinami, kamieniami, piaskiem, wiązkami słomy lub chrustu, które mają na celu amortyzację uderzenia obciążnika. Najlepszym zabezpieczeniem wydaje się być piasek ze względu na dużą zdolność tłumienia ruchu i niepalność. Głębokość takiej skrzynki z piaskiem powinna wynosić najmniej 50 cm, lub więcej, stosownie do wielkości obciążników i wysokości opadu. Oczywiście, dla lepszego wyglądu można je przykryć cienkimi deszczułkami.

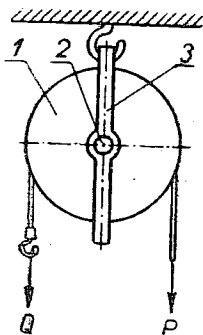
4. Krążki

Najprostsze urządzenie napędu zegarów wieżowych jest wówczas, gdy obciążniki opadają wprost pod mechanizm zegara, tak że lina odwija się z bębna bezpośrednio w dół. Takie urządzenie wymaga jednak dużej przestrzeni opadowej, i dlatego nie zawsze jest możliwe w zastosowaniu. Najczęściej mechanizm zegara zmontowany bywa na jednym z niższych pięter wieży, a liny przeprowadzane są najpierw w górę, a stąd dopiero opadają w dół z zawieszonymi na nich obciążnikami, jak to widzimy na rys. 18. Do takiego sposobu przeprowadzenia lin potrzebne są *krążki* (bloki). Służą one do zmiany kierunku liny oraz do zmniejszenia opadu obciążników. Stosowanie krążków ma jeszcze tę zaletę, że zapobiega rozkręcaniu się lin, zwłaszcza konopnych.

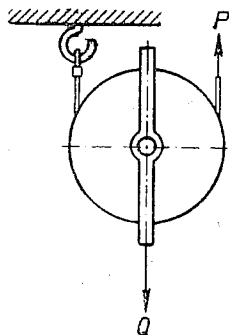
Krążek należy do maszyn prostych. Składa się z krążka metalowego 1 (rys. 24) z rowkiem dla liny na obwodzie, ze sworz-

nia 2, na którym obraca się krążek, i z oprawy 3, w której osadzony jest sworzeń.

Rozróżniamy *krążki stałe* i *krążki ruchome* (przesuwne), zależnie od tego, czy w czasie ruchu obciążnika oś ich obrotu pozostaje nieruchoma czy też zmienia położenie (przesuwa się w dół lub w górę).



Rys. 24. Krążek stały



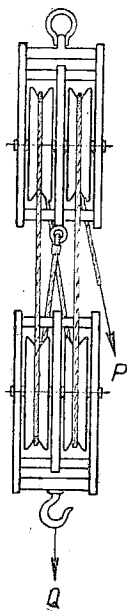
Rys. 25. Krążek ruchomy (przesuwny)

Rys. 24 przedstawia krążek stały, ponieważ oprawa jego umocowana jest nieruchomo. Jeżeli przez ten krążek przerzucimy linę i zawiesimy na jej końcu ciężar, to ciągnąc za drugi koniec liny, spowodujemy podnoszenie ciężaru. Gdyby obrót krążka na osi odbywał się bez tarcia i gdyby na przeginanie liny nie trzeba było zużywać pewnej siły — to siła P , z jaką ciągniemy linę, byłaby równa ciężarowi Q .

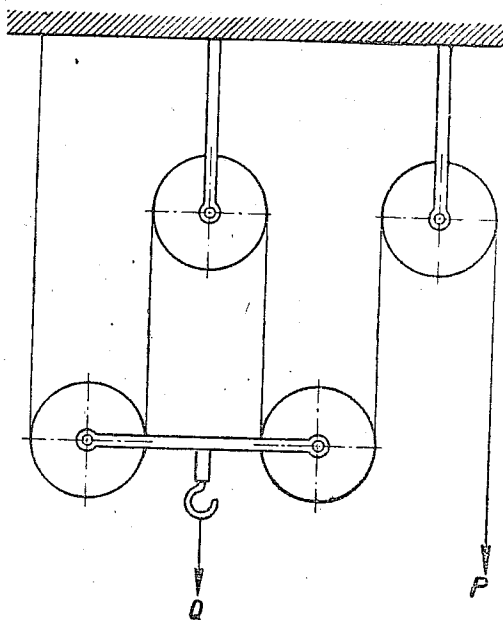
W rzeczywistości wspomniane opory istnieją i siła P musi być nieco większa od ciężaru Q . Przesunięcie końca liny jest tu oczywiście równe przesunięciu ciężaru.

Krążek przedstawiony na rys. 25 jest ruchomy (przesuwny), natomiast koniec liny jest zamocowany na stałe. W tym przypadku siła P potrzebna do podniesienia ciężaru Q jest 2 razy mniejsza niż w przykładzie poprzednim, ale przesunięcia drugiego końca liny są 2 razy większe niż przesunięcia ciężaru. Jest

to zgodne z zasadą mechaniki, o czym mówiliśmy już przy dźwigniach, że iloczyn siły przez drogę musi być jednakowy, aby istniała równowaga układu. Inaczej mówiąc, ile zyskujemy na sile, tyle tracimy na drodze.



Rys. 26. Wielokrążek



Rys. 27. Schemat wielokrążka

Z kombinacji krążków stałych i ruchomych powstają tzw. *wielokrążki*, które pozwalają wielokrotnie zmniejszać siłę potrzebną do podniesienia ciężaru. Rys. 26 przedstawia przykład wielokrążka składającego się z dwóch krążków osadzonych w nieruchomej oprawie (górne) i dwóch w oprawie ruchomej, zaopatrzonej w hak, na którym wisi podnoszony ciężar.

Aby ułatwić zrozumienie działania tego urządzenia, na rys. 27 przedstawiono „rozwiniecie” krążków na płaszczyźnie. Widzimy

tu, że ciężar Q , wisi na 4 linach, zatem siła P , potrzebna do podniesienia ciężaru wynosi $\frac{1}{4} Q$. Możemy powiedzieć ogólnie, że siła potrzebna do podniesienia jest równa ciężarowi, podzielonemu przez podwójną ilość krążków ruchomych (przesuwanych), jeżeli nie uwzględnia się strat i oporów wspomnianych wyżej.

Odwrotność tego prawa wykorzystuje się przy budowie zegarów wieżowych, stosując wielokrążki w celu zmniejszenia przestrzni opadowej obciążników, kosztem zwiększenia ich ciężaru. W jaki sposób przeprowadza się liny i umieszcza krążki widzimy na rys. 18.

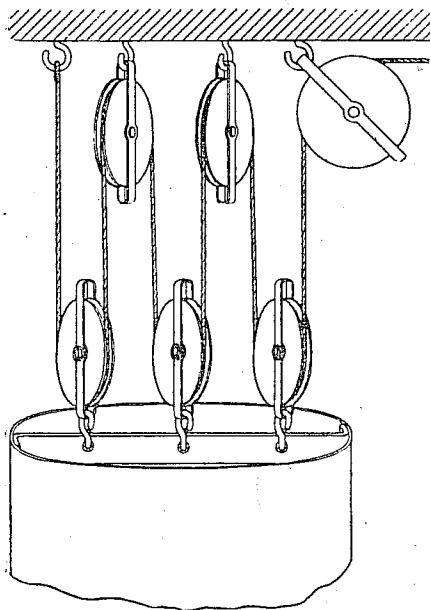
Jeżeli w małej przestrzeni opadowej musimy umieścić bardzo duży obciążnik, to w takim przypadku należy zastosować szeroki, a możliwie niski obciążnik wiadrowy (napełniany). Na poprzeczce tego obciążnika umieszczamy odpowiednią ilość krążków, jak to jest przedstawione na rys. 28.

Jeżeli lina od bębna poprowadzona jest w górę, to pierwszy krążek u góry powinien być umieszczony w takiej odległości, aby lina miała możliwość równomiernego układania się na bębnie. Gdy zaś odległość ta jest nieco za mała, wówczas stosuje się bęben zaopatrzony w śrubowy rowek, w którym lina równo się układa.

Krążki stosuje się o tak dużej średnicy, ażeby liny nie były narażone na ostre zgięcia. Średnica krążka (lub bębna) dla lin konopnych powinna być około 50 razy większa niż średnica liny. Natomiast dla lin stalowych wielkość krążków określa się z grubości drucików liny. Średnicę krążka (lub bębna) przyjmuje się 500 razy większą niż wynosi średnica drucika.

Aby uniknąć zakleszczania się liny, rowek na obwodzie krążka jest gładko wytoczony, głęboki około dwóch średnic liny, o promieniu zaokrąglenia nieco większym od promienia liny, a u wierzchu rozszerzony.

Czop i otwór w krążku są również gładko wytoczone, aby krążek obracał się lekko, lecz bez zbytnich luzów. W celu zmniejszenia tarcia czop jest smarowany, a czasem zaopatrzony w łożysko kulkowe.



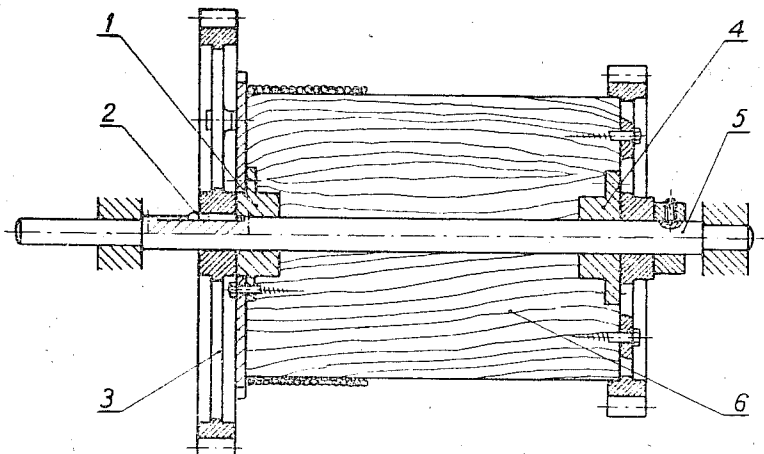
Rys. 28. Przykład zastosowania wielokrążka potrójnego. Opad obciążnika jest 6 razy mniejszy niż droga końca liny

Krążki zawieszane są na hakach, które tak się umieszcza, żeby krążki były równoległe do kierunku liny, a to dlatego, aby przy napędzie lub przy podciąganiu obciążnika lina z krążków nie wyskakiwała. Haki na ogół wkręca się wprost w drewniane belki. Do dużych obciążników stosuje się haki zakręcane nakrętkami, a nawet specjalne jarzma obejmujące belkę.

5. Bęben, oś i koło napędowe.

W zegarach wieżowych spotykamy dwa rodzaje bębnow: metalowe i drewniane.

W starszych mechanizmach stosowano tylko bębny drewniane. Bęben taki musi być z drewna twardego, np.: akacji, grabu lub buku. Wybiera się tylko twardziel z grubszego pnia bez sęków. Nie można zostawiać bielu, choćby tylko z jednej strony, gdyż w tym miejscu bęben łatwiej się zużyje od liny i wskutek tego będzie niecentryczny.



Rys. 29. Przekrój bębna drewnianego

Na rys. 29. widzimy przekrój bębna drewnianego, umieszczonego na osi. Po obydwu końcach bębna wstawia się żeliwne lub brązowe tulejki 1 i 4, aby w czasie nakręcania bęben równo się obracał i nie wycierał się za szybko, zwłaszcza wtedy, gdy osadzony jest na osi obrotowo.

W nowszych zegarach stosuje się przeważnie bębny metalowe. Są one odlewane z żeliwa, wewnątrz puste, albo też składane z dwóch kół żeliwnych z kołnierzami, do których przynitowany jest płaszcz ze stalowej blachy. Tak pierwsze jak i drugie są zewnątrz gładko obtoczone.

Bywają także bębny z rowkiem śrubowym na powierzchni, w którym układa się lina. Te jednak są stosowane tylko w tych

wypadkach, gdy nie ma dostatecznej odległości od bębna do pierwszego krążka, aby zwoje liny nie nacierały zbyt na siebie. Rowek ten zapobiega nakładaniu się jednego zwoju liny na drugi, co spowodowałoby szybkie jej zniszczenie.

Niektórzy zegarmistrze jeszcze obecnie twierdzą, że bębny drewniane są lepsze niż metalowe, ponieważ są lżejsze i liny na nich nie niszczą się tak szybko. Trzeba jednak stwierdzić, że pusty bęben stalowy (spawany) może okazać się lżejszy niż pełny drewniany. Zresztą ciężar bębna (moment bezwładności) ma bardzo mały wpływ na opory ruchu wobec jego powolności. Jeżeli zaś chodzi o zużycie liny, to decydujący wpływ ma tu ilość jej przegięć, a nie rodzaj podłoża, na które się nawija. Natomiast tarcie zwojów o siebie jest jednakowe na gładkich bębnach drewnianych i metalowych.

Długość i średnica bębna zależą od konstrukcji przekładni chodu. Idzie tu bowiem o to, aby lina potrzebna do napędu zegara zmieściła się na bębnie, nawinięta zwojami jeden obok drugiego. Nie należy jednak stosować takiego rozwiązania, żeby kilka warstw zwojów liny nawijało się na bęben, gdyż wskutek tego powiększyłby on niejako swą średnicę, a wówczas lina by się zakleszczała i szybciej niszczyła, a ciężary silniej by działały na mechanizm. Dlatego urządzenie napędu, np. z cotygodniowym naciąganiem, polega na obliczeniu ilości obrotów bębna potrzebnych w czasie tygodnia. Ponieważ u większości zegarów bęben w mechanizmie chodu wykonuje jeden obrót na godzinę, stąd 24 obroty bębna w ciągu doby pomnożone przez 7 dni, czynią 168 zwojów liny na bębnie. Dla tylu zwojów stalowej liny należałoby przygotować bęben o długości około 900 mm oraz przewidzieć potrzebne miejsce na tak duży opad obciążnika. W praktyce jest to po prostu niewykonalne. Trudności te rozwiązuje się w ten sposób, że zwiększa się przekładnię chodu o koło minutowe z zębniakiem, wskutek czego opad obciążnika zmniejsza się w tym samym czasie od 3 do 5 razy.

To, co uzyska się na krótszym opadzie, należy oczywiście wyrównać większymi obciążnikami. Naturalnie, że osie, wałki, zapadki itp. części muszą być wówczas „silniejsze“.

U zegara z codziennym naciągiem bęben o średnicy 180 mm, przeznaczony do stalowej liny, może mieć około 250 mm długości.

Bęben umieszczony jest na osi napędowej. Oś 5 (rys. 29) jest wykonana z dobrej stali i dobrze ułożyskowana. U starszych zegarów spotyka się osie dzielone. Jednak taka konstrukcja nie jest dobra, szczególnie gdy obciążniki są większe.

Koło napędowe 3 w tym przypadku osadzone jest na osi na stałe. Może ono być umocowane klinem 2 jak na rys. 29, wkrętem lub w inny sposób. W niektórych zegarach koło napędowe osadzone jest luźno na osi, natomiast bęben zamocowany jest na stałe.

Koło to przy naciąganiu codziennym zazębia się z zębnikiem pośrednim, a przy cotygodniowym — z zębnikiem minutowym.

6. Urządzenia zapadkowe

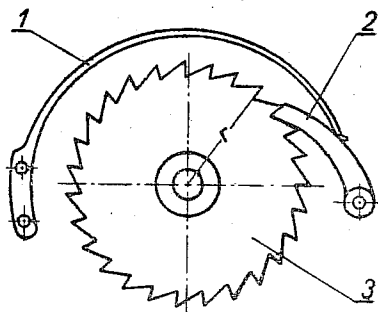
Działanie siły ciężkości obciążnika przenoszone jest z bębna na koło napędowe za pośrednictwem tzw. *urządzenia zapadkowego*, które składa się z *koła zapadkowego* 3 (rys. 30), zapadki 2 i sprężyny 1. Urządzenie to pozwala na podciąganie obciążnika do góry w czasie chodu zegara. Ponieważ bęben osadzony jest luźno na osi, a koło napędowe na stałe lub nieraz odwrotnie, dlatego koło to musi być połączone z bębniem za pomocą jednej, a czasem dwóch zapadek.

Urządzenie zapadkowe bywa stosowane nie tylko w napędzie zegara, ale i w innych przypadkach. Zadaniem jego jest nie dopuścić do cofania się bębna lub osi, pozwalając jednak na obrót koła zapadkowego i bębna w jedną stronę.

Urządzenia zapadkowe mają koła zapadkowe z zębami pochyłymi, jak na rys. 30, lub prostymi (rys. 80) i zwykle jedną

zapadkę dociskaną do koła zapadkowego przez sprężynę, jak na rys. 30, lub własnym ciężarem. W niektórych konstrukcjach sprężyna zapadki jest zarazem zapadką.

Zęby koła zapadkowego bywają podcięte lub nie. Zęby niepodcięte są wtedy, gdy bok zęba zatrzymujący się o zapadkę leży na linii promienia, oznaczonego literą r na rys. 30. U zębów



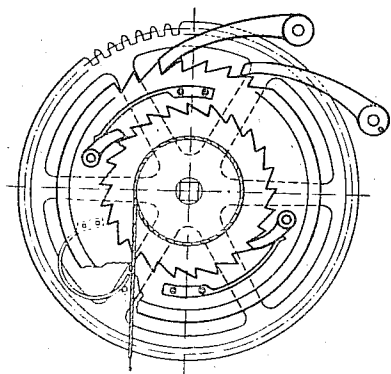
Rys. 30. Urządzenie zapadkowe

podciętych bok ten odchylony jest od tej linii o pewien kąt. Drugi bok zębów ograniczony jest linią prostą lub łukiem. W zegarach można spotkać obydwa rodzaje zębów. Ten ostatni sposób obecnie nie jest stosowany ze względu na trudniejszą obróbkę. Częściej jednak stosuje się zęby niepodcięte. Jeżeli zaś czasem zachodzi potrzeba zastosowania zębów podciętych, to kąt podcięcia daje się około 5° , a czasem nawet do 10° . Za duże podcięcie zębów powoduje zbyt znaczne cofanie koła zapadkowego. Wysokość zębów powinna być na tyle dostateczna, żeby się zbyt szybko nie zużyły.

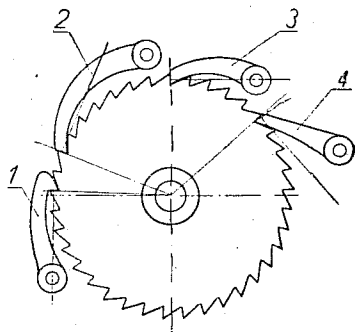
Podziałkę zębów stosujemy możliwie najmniejszą, aby uzyskać jak największą częstotliwość zatrzymywania. Tam jednak, gdzie na zapadkę działa większa siła — i zęby muszą być większe — stosuje się dwie a nawet trzy zapadki, które zastępują dwa albo trzy razy gęstszą podziałkę koła zapadkowego. Jeżeli stosujemy dwie — to jedna z nich leży we właściwym położeniu, a druga na połowie pochylonego boku zęba, jak to

widzimy na rys. 31, gdy zaś trzy — pierwsza opiera się o poprzeczną część zęba, druga leży na $\frac{1}{3}$, a trzecia na $\frac{2}{3}$ boku zęba.

Kształt zapadki i jej działanie zależą w dużej mierze od umieszczenia osi jej obrotu w stosunku do koła zapadkowego. Na rys. 32 widzimy koło zapadkowe z zębami niepodciętymi oraz czterema różnymi zapadkami. Oś zapadki 3 leży na stycznej, na której siła działa ze środka zęba na tę właśnie oś. Jest to najczęściej stosowany sposób umieszczania zapadki względem koła zapadkowego.



Rys. 31. Sposób umieszczania większej ilości zapadek



Rys. 32. Cztery rodzaje zapadek

Jeżeli oś zapadki umieszczona jest powyżej linii stycznej, jak u zapadki 4, to siła naporu jest nieco większa niż siła działająca na koniec zapadki. Po zapadnięciu tej zapadki koło zapadkowe cofa się nieco, aby zapadka osiągnęła właściwe położenie.

Współpraca koła zapadkowego z zapadką 2, której oś leży poniżej stycznej, ze względu na bezpieczeństwo, jest niedopuszczalna, gdyż zapadka ta ma dążność do wyskoczenia z koła, zwłaszcza po pewnym zużyciu się zębów lub końca zapadki.

Zapadka 1 ma kształt haka. Siła obrotowa koła zapadkowego działa na nią rozciągająco. Zasady działania tej zapadki są takie same jak zapadki 3.

Zapadki tego rodzaju są dociskane sprężynami, które powinny być dostatecznie długie, aby nie łatwo ulegały złamaniu.

Przy zegarach wieżowych szczególną uwagę należy zwrócić na właściwe i niezawodne funkcjonowanie zapadek, zwłaszcza tych, które dociskane są sprężynami. Nawet wtedy, gdy w miarę obrotu koła zapadka znajduje się u dołu, powinna sprężyć się zapadać we wręby koła zapadkowego.

Czasem może się zdarzyć, że zajdzie potrzeba opuszczenia obciążnika na dół, dlatego zapadki powinny być tak urządzone, żeby można było je odchyłać, przy czym sprężyna zapadki nie powinna się odgiąć.

7. Napędy pomocnicze mechanizmu chodu

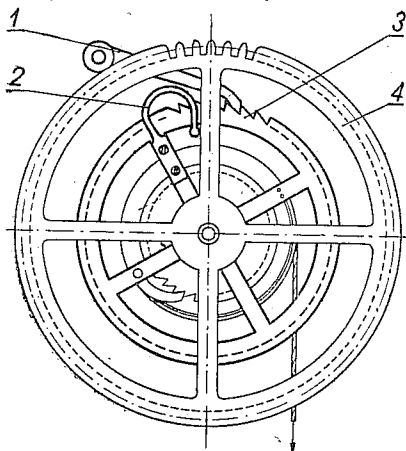
W mechanizmie każdego prawie zegara wieżowego jest specjalne urządzenie, tzw. *napęd pomocniczy*, którego zadaniem jest napędzanie mechanizmu w czasie podciągania obciążnika. Żaden bowiem zegar, a zwłaszcza zegar lepszej jakości, w czasie nakręcania go, nie powinien zatrzymywać się z braku siły napędowej lub, co gorsza, cofać się, gdyż może to spowodować uszkodzenie mechanizmu, a zwłaszcza zębów koła wychwytoowego.

Stosuje się różne rodzaje napędów pomocniczych: urządzenie przeciwzapadkowe, napęd dźwigniowy, sprężynowy, obciążnikowy i różnicowy (obiegowy).

Najczęściej używane bywa urządzenie przeciwzapadkowe (rys. 33) wynalezione przez Harrisona.

Działanie urządzenia przeciwzapadkowego polega na tym, że siła napędowa obciążnika działa na koło napędowe za pośrednictwem sprężyny 2 (rys. 33), przymocowanej do koła przeciwzapadkowego 3 i opierającej się drugim końcem o ramię koła na-

pedowego 4. Wobec tego w czasie chodu zegara sprężyna ta jest stale ściskana. Gdy w czasie podciągania obciążnika siła napędowa przestaje działać, wówczas przeciwapadka 1, przymocowana do szkieletu zegara, nie pozwala na cofnięcie się koła przeciwapadkowego 3, wskutek czego sprężyna 2 rozpręża się powoli napędzając w tym czasie mechanizm zegara.



Rys. 33. Urządzenie przeciwapadkowe

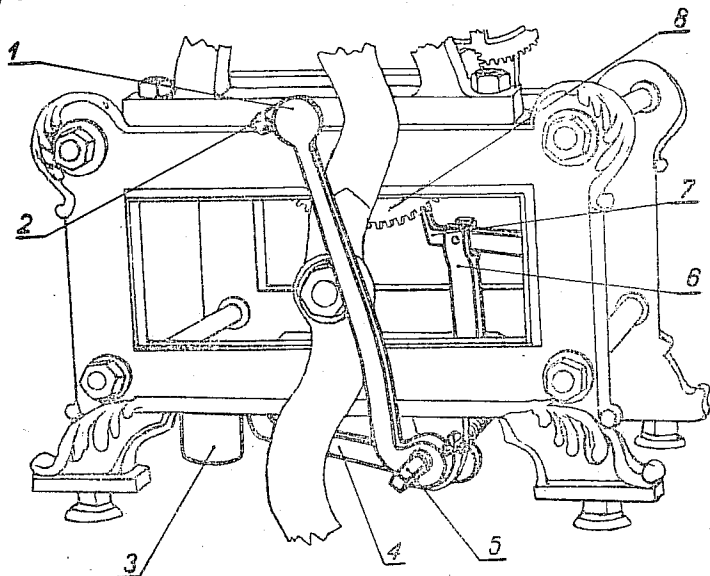
Siła napędzającej sprężyny urządzenia przeciwapadkowego powinna być wypróbowana, gdyż sprężyna za słaba nie miałaby dostatecznej siły do napędzania mechanizmu chodu i wskazówek, w czasie podciągania obciążnika. Jeżeli natomiast sprężyna ta jest za silna, to obciążnik nie może jej należycie dogiąć i naprężyć, a przez to za krótko napędza mechanizm.

Jeżeli są duże zęby koła przeciwapadkowego, a chcemy lepiej wykorzystać sprężynę przeciwapadkową, wówczas stosujemy dwie zapadki w ten sposób, jak przy zwykłym urządzeniu zapadkowym.

Jeżeli jedna sprężyna przeciwapadkowa jest za słaba, tak że nie może napędzać mechanizmu chodu, to można zastosować dwie sprężyny, a nawet cztery, po jednej do każdego ramienia koła przeciwapadkowego.

Zamiast sprężyny płaskiej może też być zastosowana sprężyna spiralna z grubego drutu stalowego. W tym wypadku lepiej jest, gdy sprężyna jest rozciągana przez ramiona kół.

Urządzenie przeciwwypadkowe niekoniecznie musi być przy kole napędowym. Można również umieścić je przy innych kołach, ale wówczas skraca się czas jego działania.



Rys. 34. Dźwigniowy napęd pomocniczy

Dźwigniowy napęd pomocniczy (rys. 34) bywa również często stosowany. Spotykamy go także w zegarach firmy M. Mięso-wicza w Krośnie. Działanie tego napędu polega na przenoszeniu siły ciężkości dodatkowego ciężarka na koło napędowe za pomocą dźwigni. Kwadratowy chwyt 2 (rys. 34) jest zasłonięty tarczką 1, znajdującą się na końcu ramienia osadzonego na specjalnym wałku 5, umieszczonym u dołu mechanizmu. Wałek ten ma czworoboczne zakończenie dopasowane do otworu w korbie. Przed nakręceniem zegara należy wpierv ten dolny

wałek 5 poruszyć korbą nieco w prawo, ażeby odsłonić chwyt 2. Na dodatkowym wałku 5 znajduje się pozioma dźwignia 4, obciążona na końcu ciężarkiem 3. Również na tym wałku 5 zamocowane jest ramię 6 z zapadką 7, zazębiającą się z kołem napędowym 8. Przez poruszenie dolnego wałka 5, ciężarek 3 podnosi się nieco w górę, a zapadka 7 w tym czasie przesuwają się o kilka zębów w prawo. Gdy więc nakręca się zegar, dodatkowy ciężarek 3 działa dopóty, dopóki tarczka 1 nie dotknie brzegu korby. Czas ten wystarcza w zupełności do nakręcenia zegara. Po zdjęciu korby tarczka 1 zasłania z powrotem chwyt 2.

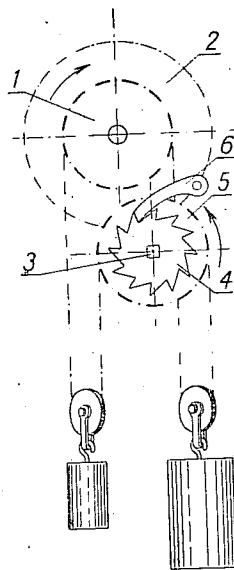
Sprężynowy napęd pomocniczy w zegarach wieżowych jest może najmniej stosowany mimo swej prostej konstrukcji. Na jednej z osi przekładni chodu, lub przy szkielecie przymocowany jest koniec dość silnej sprężyny spiralnej. Drugi jej koniec połączony jest z ramieniem zasłaniającym chwyt do nakręcania. Jeżeli więc chcemy założyć korbę na chwyt, musimy ramię to odsunąć, dzięki czemu sprężyna spiralna napręży się i zahacza o ząb specjalnego koła zapadkowego. W czasie nakręcania zegara sprężyna się odpręży i swoją siłą napędza mechanizm, a ramię po całkowitym odprężeniu się sprężyny kładzie się z powrotem naprzeciw chwytu.

Obciążnikowy napęd z łańcuchem bez końca wynalazł Huygens, w połowie XVII wieku. Jest to napęd główny z dodatkowym ciężarkiem, zawieszonym przy pomocy krążka na tym samym łańcuchu, co i obciążnik służący do napędu zegara. W ten sposób urządzonego napędu nie potrzebuje już napędu pomocniczego, gdyż obciążnik działa na koło bębna również w czasie podciągania go do góry. Na rys. 35 przedstawiona jest schematycznie zasada jego działania.

Koło łańcuchowe 1 połączone jest na stałe z kołem napędowym 2. Podczas nakręcania zegara korbą za wałek 3, koło zapadkowe 4 i połączone z nim drugie koło łańcuchowe 5, obraca się w odwrotnym kierunku do obrotu wskazówek, a zatrzymywane

jest przez zapadkę 6. Mniejszy ciężarek służy tylko do naprężania łańcucha.

Napęd ten jest czasem stosowany w zegarach domowych. Do zegarów wieżowych z ręcznym naciągiem właściwie się nie nadaje, ze względu na zbyt długi, ciężki i kosztowny łańcuch. Może być jednak stosowany przy zegarach wieżowych z częstym naciągiem elektrycznym.



Rys. 35. Napęd obciążnikowy z łańcuchem bez końca

Najbardziej może skomplikowanym jest różnicowy napęd pomocniczy (naciąg różnicowy), stosowany szczególnie w większych mechanizmach nowszej konstrukcji o naciągu elektrycznym, który opisujemy w rozdziale o elektryfikacji zegarów wieżowych.

Jeżeli w jakimś zegarze nie ma jednego z tych urządzeń, to w czasie podciągania obciążnika mechanizmu chodu zawieszona się odpowiedni ciężarek na ramieniu jednego z kół tego mechanizmu, albo najzwyczajniej napędza się mechanizm naciągiem ręki na to koło.

C. NACIĄG

1. Rodzaje

Zespół części mechanizmu zegarowego, służących do nakręcania zegara, nazwaliśmy *naciągiem*. U niektórych zegarów nie ma specjalnych urządzeń do nakręcania. Na przykład w domowych zegarach obciążniki wiszące na łańcuchach zwykle podciąga się bezpośrednio rękami. Natomiast u zegarów wieżowych obciążniki są ciężkie, a samo nakręcanie też jest dosyć uciążliwe, dlatego stosuje się tu różne sposoby nakręcania, które wymagają odpowiednich urządzeń naciagowych.

W zależności od sposobu nakręcania można by podzielić wszystkie naciągi na *ręczne* i *elektryczne*. Elektryczne zaś na uruchomiane ręcznie lub samoczynnie.

Obecnie coraz większe zastosowanie mają zegary z naciągiem elektrycznym. O takich naciągach mówimy w rozdziale II. M. 1. Elektryczne naciągi.

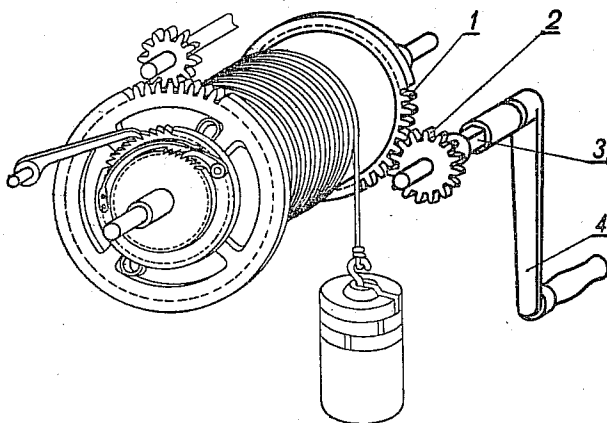
2. Naciąg ręczny

Tam gdzie nie ma energii elektrycznej, albo też gdzie brakuje odpowiedniego fachowca, który mógłby się zaopiekować zegarem o elektrycznym naciągu, stosuje się *naciąg ręczny*, który może być *codzienny* lub *cotygodniowy*.

Zegar o codziennym naciągu jest w użyciu nieco uciążliwy, ale za to jego urządzenie nie wymaga dużej wysokości na opad obciążników. O cotygodniowym zaś naciągu — musi mieć dłuższą linę, a wskutek tego więcej miejsca na opad obciążników, albo — przy użyciu wielokrażków — cięższe obciążniki. Jeżeli natomiast przy krótszej linie ma być zastosowany naciąg cotygodniowy, wówczas należy zwiększyć przekładnię chodu o koło minutowe z zębikiem, ale wtedy mechanizm musi być „silniejszy“.

Poza tym między tymi naciągami nie ma właściwie żadnej istotnej różnicy. Tak bowiem w pierwszym, jak i w drugim

przypadku naciąg ręczny jako człon mechanizmu składa się z takich samych części (rys. 36). Natomiast częstość naciągania zależy od przekładni chodu, według której muszą być dostosowane obciążniki. Zadaniem zaś naciągu jest jak największe ułatwienie w dostarczaniu energii napędowi, co w zegarach wieżowych czyni się przez podciąganie tych właśnie obciążników.



Rys. 36. Ręczny naciąg zegara wieżowego

Ponieważ przy ręcznym naciągu dostarczamy mechanizmowi własnej energii rękami, dlatego najprostszym urządzeniem do tego celu jest korbą 4 (rys. 36), którą zakłada się na chwyt wałka naciągowego 3. Na tym wałku osadzony jest zębnik naciągowy 2, zazębiający się z kołem naciągowym 1, przymocowanym do bębna. Przez obracanie korbą wałka naciągowego obracamy bęben za pośrednictwem kół naciągowych, a nawijająca się na bęben lina podnosi zawieszony na niej ciężary.

Można by również nakręcać zegar korbą bezpośrednio za os napędową, co czyni się przy niektórych zegarach, lecz zastosowanie przekładni zębatej ma na celu zmniejszenie siły potrzeb-

nej do podciągania obciążników. Ten sam cel ma również zastosowanie korby. Takie „oszczędzanie“ siły kosztem zwiększenia ilości obrotów, lub też odwrotnie, zmniejszenie ilości obrotów, kosztem większej siły, spotykamy w każdym mechanizmie. Wiemy bowiem z podstawowych praw mechaniki, że za pomocą pewnych, właściwie dobranych mechanizmów można siłę utrzymującą drugą siłę w równowadze, dowolnie powiększać lub zmniejszać.

3. Nakręcanie zegara

Zegar o ręcznym naciągu powinien być nakręcany w stałych okresach (doba, tydzień) i mniej więcej o jednym czasie oraz możliwie przez tę samą osobę. W czasie nakręcania szafa zegara również powinna być zamknięta, aby uchronić mechanizm od ewentualnego zakurzenia. Jeżeli pomocniczy napęd mechanizmu chodu nie włącza się samoczynnie, należy zwrócić uwagę, aby w czasie nakręcania był on istotnie włączony. Pozna się to po nieprzerwanym stukaniu koła wychwytowego. W czasie nakręcania należy często obserwować linę, czy nie ma na niej jakich uszkodzeń.

Obciążnik jest podciągany najwyżej do odległości 60 cm od górnego zamocowania liny. Ażeby to można było zauważyć, przy bębnie podczas nakręcania zegara, w tym celu umieszcza się na linie wyraźne znaki. Można je namalować farbą albo zrobić odpowiednią opaskę, przewleczoną przez linę, żeby się nie przesunęła. Również w zegarach z automatycznym naciągiem elektrycznym znak taki bywa umieszczany na linie, aby na wypadek ręcznego naciągu nie uszkodzić dźwigni i wyłączników. Przy ręcznym nakręcaniu, mimo stosowania znaków na linach, czy innych zabezpieczeń, nakręcanie powinno się odbywać bez silnych naprężeń, z czuciem i uwagą.

Po nakręceniu należy korbę wycofać ostrożnie, aby przez nagłe szarpnięcie nie uszkodzić zapadki lub zębów koła zapadkowego.

D. PRZEKŁADNIA CHODU

1. Części składowe i działanie

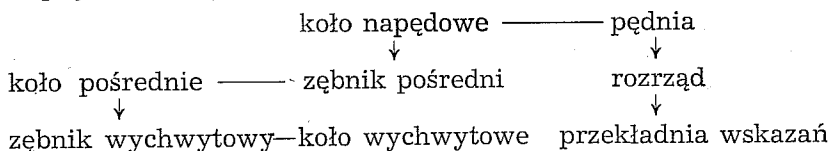
W budowie maszyn moment obrotowy (siłę napędową i obroty) przenosi się z jednego wału na drugi za pomocą przekładni pasowej, linowej, w niektórych wypadkach łańcuchowej, kół ciernych lub *kół zębatach*. W zegarach natomiast, ze względu na małe przestrzenie w mechanizmach oraz niedopuszczalność poślizgu zachodzącego z reguły w napędach ciernych, stosuje się obecnie tylko przekładnie zębate.

Przekładnia chodu w zegarze wieżowym jest zespołem ząbiających się kół zębatach przenoszących energię z napędu na wychwyty, lub na inne człony — którym służy ta przekładnia — przetwarzając zarazem powolne obroty koła napędowego na szybsze obroty koła wychwytyowego lub innego. Jeżeli w zegarze wieżowym jest mechanizm dźwięku, to np. do bicia godzin musi mieć drugą przekładnię, a do bicia kwadransów — trzecią.

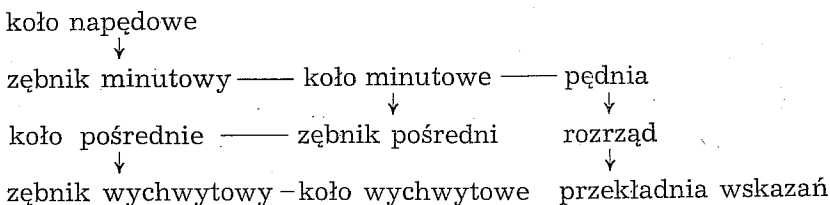
W przekładni chodu koła ząbiają się ze sobą parami, przy czym jedno z nich są duże, a drugie małe. W zegarmistrzostwie przyjęło się, że koło mające mniej niż 20 zębów nazywa się *zębnikiem*. Liczba ta nie jest jednolicie przyjęta, gdyż np. w ZSRR zębnikiem nazywają koło mające 20 lub mniej zębów, w Niemczech — 16, w Anglii zaś — 13. Każda więc para osadzona na jednej osi składa się z *koła* i *zębniaka*. Ponieważ w przekładni chodu każde koło ząbia się z zębniakiem osadzonym na drugiej osi, dlatego ilość obrotów ostatniego koła jest większa niż pierwszego. Jest to więc *przekładnia przyspieszająca*, w przeciwieństwie do przekładni np. wskazówkowej, która jest *opóźniająca*.

U niedużych zegarów wieżowych, o codziennym naciągu, przekładnia chodu składa się z koła napędowego, zębniaka i koła pośredniego (koło minutowe jest tylko przy cotygodniowym naciągu), tak że zębniak wychwytyowy napędzany jest przez koło pośrednie.

Schemat przekładni chodu takiego zegara przedstawia się następująco:



Przy cotygodniowym naciągu przekładnia zwiększa się o jedną parę: zębnik i koło minutowe:

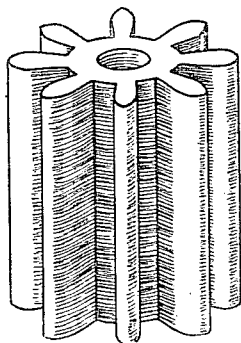


Koła różnią się od zębników nie tylko wielkością, ale również kształtem oraz rodzajem materiału. Koła do mniejszych zegarów wieżowych wykonywane są z brązu, mosiądzu lub ze specjalnej odmiany mosiądzu zwanego metalem Delta; do większych zaś, w celu zmniejszenia kosztów — z żeliwa. Koła żeliwne okazały się w praktyce prawie tak dobre jak z wyżej wymienionych metali. Mogą one wprawdzie zardzewieć, dlatego niepracujące części żeliwne należy malować. Zębniki natomiast bywają zawsze stalowe.

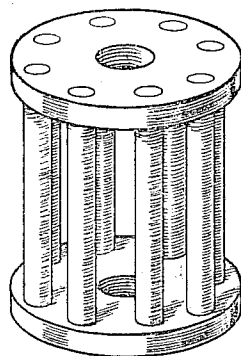
Dawniej, nie tylko wielozębne koła zębate, ale również i zębiki wykonywano z drewna. Dopiero z biegiem czasu zaczęto używać metali. W książce P. Agricoli, pt. „De re metallica“, wydrukowanej w 1556 r., opisane są koła drewniane ze wstawianymi zębami żelaznymi. Były to jednak rzadkie przypadki. Dopiero w okresie powstania maszyn parowych, a więc przed około 200 laty drewno zastąpiono żelazem.

Ze względu na łatwość ręcznego wykonania i nieczułość na zanieczyszczenia, w połowie XVIII stulecia rozpoczęto produ-

kować zębiki *palcowe* (latarkowe, rys. 38), które zamiast zwykłych zębów, mają okrągłe kołki (palce) osadzone w dwóch krążkach równoległe do osi. Otwory do umocowania kołków w krążkach wiercono ręcznie, dlatego nie zawsze były one dokładnie rozmieszczone, a to wpływało ujemnie na zazębienie. Nowoczesne urządzenia pozwalają na dokładniejsze wykonywanie tych czynności.



Rys. 37. Zębik pełny
(frezowany)



Rys. 38. Zębik palcowy
(latarkowy)

W dawnych zegarach wieżowych stosowano przeważnie zębiki palcowe. Później odkuwano zębiki ręcznie, a zęby wycinano przecinakami. Obecnie stosuje się przeważnie pełne zębiki stalowe (frezowane), gdyż maszynami można je łatwiej wykonać niż zębiki palcowe.

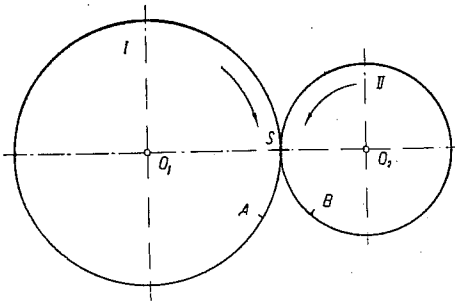
Oprócz właściwego doboru materiałów są jeszcze inne, ważniejsze czynniki wpływające na sprawną i dokładną współpracę dwóch zazębiających się kół. Wyjaśnieniem tych zagadnień zajmujemy się w następnych rozdziałach przy szczegółowym omawianiu zazębienia.

2. Zazębienie

a. Zasady ogólne

Przystępujemy teraz do zagadnienia, które początkującym zegarmistrzom sprawia może najwięcej trudności, a mianowicie do wyjaśnienia warunków jakim musi odpowiadać prawidłowo skonstruowane zazębienie¹⁾. W podręczniku dla konstruktorów zagadnienie to byłoby opisane znacznie szerzej, tu zaś ograniczymy się do podania spraw najważniejszych.

Koło zębate jest częścią mechanizmu, która służy do przenoszenia momentu obrotowego z jednej osi na drugą. Przenoszenie tego momentu następuje bez poślizgu przez zazębienie się zębów jednego koła o zęby drugiego. Prawidłowość tej współpracy zależy przede wszystkim od *zarysu* (profilu) zęba. Każdy zaś ząb musi być dokładnie ukształtowany tak pod względem wielkości jako też i formy, aby umożliwić równomierny dopływ energii do wychwytu z jak najmniejszą stratą.

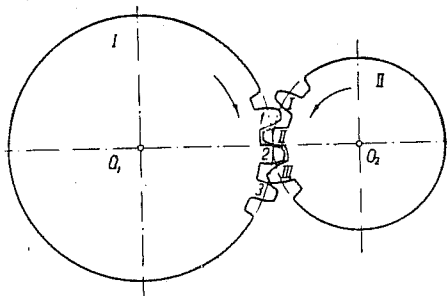


Rys. 39. Dwa okręgi styczne

Od dobrego zazębienia wymaga się, ażeby koła współpracowały ze sobą w sposób ciągły, to znaczy bez uderzeń i przerw. Zęby jednego koła nie powinny się „odrywać“ od zębów drugiego, gdyż wywoływałoby to przerwy w pracy i następnie

1) Zazębieniem nazywamy skojarzenie (zestawienie, połączenie) dwóch kół zębanych, tak że ząb jednego koła znajduje się we wrębie drugiego. Zazębaniem zaś nazywamy współpracę kół zębanych.

szkodliwe uderzenia. Warunek ten spełniony jest wtedy, gdy zęby wykonując ruch obrotowy stale stykają się ze sobą, to znaczy, że są jakby w tych kołach takie dwa okręgi styczne, które toczą się po sobie bez poślizgu ze stałymi szybkościami. Okręgi te nazywają się *kołami tocznymi*.



Rys. 40. Krążki z rys. 39
zaopatrzone zębami

Zrozumiemy to łatwiej na przykładzie, przedstawionym na rys. 39. Na osi O_1 umieszczamy krążek I, a na osi O_2 krążek II w ten sposób, aby krążki stykały się w jednym punkcie swych obwodów. Gdy uruchomimy oś O_1 z krążkiem I w kierunku strzałki, to wówczas krążek II razem z osią O_2 również rozpocznie ruch wskutek tarcia między obwodami krążków. Gdy w punkcie styczności S narysujemy kreskę, to po pewnym czasie część kreski, będąca na krążku I, znajdzie się w A , a część na krążku II — w B . Jeżeli długość łuku SA równa się długości łuku SB , to krążki toczą się po sobie bez poślizgu.

Przy zwykłym sposobie przenoszenia ruchu za pomocą tarcia również wymagane jest, by krążki dokładnie do siebie przylegały i nie ulegały żadnemu poślizgowi. Jest rzeczą jasną, że warunek ten tym łatwiej można spełnić, im bardziej szorstkie są obwody krążków. Jednakże i przy dużej szorstkości obwodu pewność ta nie będzie zupełna, gdyż małe zużycie się, choćby tylko czopów i łożysk, spowoduje to, że krążki już nie będą do siebie dostatecznie przylegały, wskutek czego nastąpi poślizg. Stąd właśnie już przed wiekami powstała myśl zaopatrzenia

krążków w ząbieniające się wzajemnie zagłębienia, aby obydwie krążki w żadnym wypadku nie ulegały poślizgowi. Celem uzyskania takiej niezawodności zaopatrujemy nasze krążki z rys. 39 w *uzębienie*, częściowo uwidocznione na rys. 40.

Krażek *I* otrzymuje w równomiernych odstępach wyniosłości zwane zębami *1, 2, 3* itd. na całym obwodzie, a krążek *II* takie same wyniosłości *I, II, III* itd. Wyniosłości jednego krążka wchodzi w zagłębienia drugiego. W ten sposób otrzymaliśmy ząbienie dwóch kół zębatych.

b. Zarys zębów

Toczące się po sobie okręgi styczne, czyli koła toczne, o których była mowa w poprzednim rozdziale, w kołach zębatych rzeczywiście nie istnieją; są one tylko w naszej wyobraźni. Jednak podczas pracy ruch kół zębatych odbywa się w ten sposób, jak gdyby koła te toczyły się po sobie bez ślizgania swymi kołami tocznymi. Osiągamy to przez właściwe ukształtowanie zębów, stosując na boczne ich zarysy odpowiednie linie krzywe. Tymi krzywymi są *cykloidy* i *ewolwenty*. Zęby określone liniami cykloidalnymi dają *zarys zęba cykloidalny*, zęby zaś określone ewolwentą dają *zarys ewolwentowy*. Każdy z tych zarysów ma swoje zalety i wady dlatego w zależności od warunków pracy bywa stosowany pierwszy lub drugi.

Zęby o zarysie cykloidalnym mniej się wyrabiają, gdyż w tym ząbieniu wypukły wierzchołek zęba zwykle pracuje na wklęsłej stopie zęba drugiego koła. Są one jednak bardzo czułe na zmianę odległości osi. Oprócz tego wykonanie ich i pomiary są trudniejsze, gdyż wymagają narzędzi o skomplikowanym kształcie. Z tych względów w mechanice są bardzo rzadko stosowane, a nadają się raczej do przenoszenia małych momentów w mechanizmach wolnobieżnych.

Zęby o zarysie ewolwentowym nie są wrażliwe na zmianę odległości osi, mają korzystniejszy wytrzymałościowo kształt, ponieważ przy podstawie są grubsze, a ponadto można je obra-

biać i mierzyć prostszymi i dogodniejszymi metodami. Zęby te jednak łatwiej się zużywają, gdyż w tym zazębieniu wypukły wierzchołek pracuje na wypukłej stopie. Jednak ze względu na łatwiejsze wykonanie i mierzenie, stosowane są prawie wyłącznie w ogólnej budowie maszyn.

W wypadku, gdy koło o dużej ilości zębów napędza zębnik o małej ilości zębów (poniżej 13), tak w zazębieniu cykloidalnym jak i ewolwentowym mają one skłonność do zacinania się. Ponieważ w zegarmistrzostwie chodzi o duże przełożenia przy stosunkowo małej przestrzeni zajmowanej przez przekładnię zębatą, dlatego zębniiki muszą mieć małą ilość zębów. Stąd też w zegarmistrzostwie stosuje się głównie korygowany zarys cykloidalny. Na czym polega korygowanie zazębienia piszemy nieco dalej. Zazębienie to, zwane zegarowym, nadaje się do równomiernego, powolnego przenoszenia małych momentów w przekładniach o dużym przełożeniu, w których zębnik o małej ilości zębów (poniżej 13) jest napędzany (bierny), a koło o dużej ilości zębów — napędza (jest elementem czynnym). Różne próby wprowadzenia zarysu ewolwentowego do kół napędzanych o małej ilości zębów, nie dały dotychczas zadowalających rezultatów, mimo że nad tym zagadnieniem pracowali najwięksi specjaliści w tej dziedzinie.

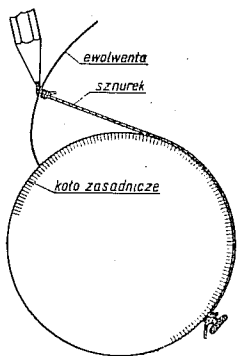
Obecnie ewolwentowy zarys zębów stosuje się w zegarach i zegarkach tylko w wyjątkowych wypadkach, jak np. u kół zapadkowych, kół naciągowych itp. Natomiast w zegarach wieżowych, zwłaszcza większych konstrukcji, nawet w przekładni chodu stosowane są zęby przeważnie o ewolwentowym zarysie.

Stwierdzono również, że zęby o zarysie ewolwentowym po dłuższej pracy wytwarzają swój naturalny profil, który zbliża się do cykloidy. Można więc przyjąć, że zarys cykloidalny jest tym naturalnym zarysem, szczególnie dla przekładni zegarkowych, w których koła z najmniejszą stratą przenoszą ruch obrotowy w tych mechanizmach, jeżeli teoretyczne odległości osi tych kół będą dokładnie zachowane.

Zazębienie o cykloidalnym zarysie zębów będzie rozpatrywane szczegółowo w następnej części „Zegarmistrzostwa“. Tutaj zaś omówimy bliżej tylko zazębienie o ewolwentowym zarysie zębów, stosowane zwykle w zegarach wieżowych.

Sam wyraz „evolwenta“ znaczy „odwinięta koła“, albo krótko „odwinięta“. Praktyczny sposób wyjaśniający powstawanie ewolwenty widzimy na rys. 41.

Do obwodu krążka leżącego na papierze przyczepiamy jeden koniec sznurka. W węzełek, zawiązany na drugim końcu sznurka nawiniętego na krążek, wkładamy ołówek. Jeżeli sznurek będziemy odwijać, to ołówek zakreśli ewolwentę. Koło, z którego odwija się ewolwenta, nazywamy *kołem zasadniczym*. Z tego przykładu łatwiej zrozumiemy określenie, że ewolwenta jest to krzywa, którą zakreśla dowolny punkt prostej, toczącej się bez poślizgu po okręgu koła.

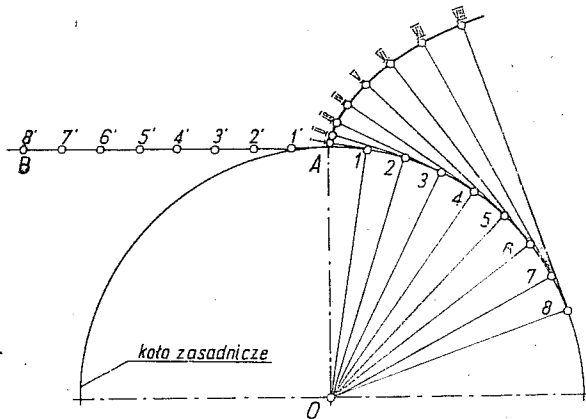


Rys. 41. Powstawanie ewolwenty

Metoda wykreślania zarysu boku zęba przy pomocy sznurka jest niedokładna i dlatego w praktyce nie stosowana. Dokładniejsza jest metoda wyznaczania ewolwenty sposobem konstrukcyjnym, podanym na rys. 42.

Mając dane koło zasadnicze wykreślamy w nim promień OA i styczną AB , prostopadłą do niego. Następnie, poczynając od punktu A , odkładamy na okręgu koła szereg jednakowych

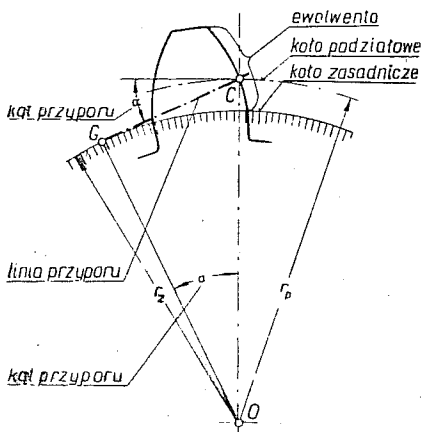
krótkich odcinków (jako cięciwy): $A-1$, $1-2$, $2-3$ itd. i tę samą ilość tych samych odcinków odkładamy na stycznej AB , otrzymując punkty: $1'$, $2'$ itd. Punkty: 1 , 2 , $3...$ łączymy ze środkiem koła i prowadzimy przez każdy z tych punktów styczną do okręgu (prostopadłą, czyli pod kątem prostym do odpowiedniego promienia: $O-1$, $O-2...$), po czym na stycznej poprowadzonej z 1 odkładamy odcinek $1-I$, równy $A-1'$, na stycznej z punkt 2 odcinek $2-II$, równy $A-2'$ itd. Punkty: I , II , $III...$ są punktami wykreślonej ewolwenty.



Rys. 42. Wykreślanie ewolwenty

Sprawa wykreślenia zarysu zęba nie jest jednak taka prosta. Okazało się bowiem w praktyce, że lepiej jest, gdy koło zasadnicze, z którego odwija się ewolwenta, ma mniejszą średnicę od koła tocznego. Przy zazębieniach normalnych koło toczne jest tej samej wielkości co i koło podziałowe, którego średnica podawana jest zwykle do obliczeń. Chcąc więc wykreślić zarys zęba dla danego koła podziałowego, należy znać zależność między tym właśnie kołem podziałowym, a kołem zasadniczym. Zależność tę określa tzw. *kąt przyporu* α , którego stosowane wartości wynoszą: $14^{\circ}30'$, 15° , 20° , a wyjątkowo 25° , 30° lub więcej. Znormalizowany przez PKN i większość krajów kąt przyporu wynosi 20° .

Na rys. 43 podany jest sposób wykreślania ewolwentowego zarysu zęba. W punkcie C koła podziałowego kreślimy styczną. Następnie przez punkt C prowadzimy prostą CG (linię przyporu) pod kątem przyporu α do tej stycznej. Wreszcie zataczamy ze środka koła O koło styczne do linii przyporu. Z zasad geometrii wynika, że prosta OG przechodząca przez środek koła O i punkt styczności z linią przyporu, musi być prostopadła do linii przyporu GC , i że kąt GOC jest równy kątowi przyporu α .



Rys. 43. Ewolwentowy zarys boku zęba

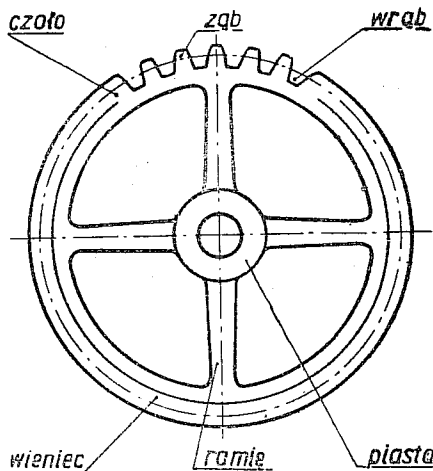
Część ewolwenty zakreślona od koła zasadniczego użyta jest jako zarys zęba. Ponieważ podstawa zęba sięga zwykle poniżej koła zasadniczego, dlatego tym niepracującym częściami zarysu zęba nadajemy zazwyczaj kształt prostych odcinków promieniowych, zakończonych przy podstawie zęba małymi łukami.

c. Konstrukcyjne szczegóły kół zębatych

W każdym kole zębatym możemy rozróżnić szereg szczegółów (wielkości), które charakteryzują daną przekładnię. Znajomość ich jest konieczna przy obliczeniach i konstrukcji kół zę-

batych. Będą one nam również potrzebne do dalszych wyjaśnień, dlatego podajemy tu ich nazwy i krótkie określenia.

Koło zębate składa się z zębów, wieńca, ramion i piasty (rys. 44).



Rys. 44. Szczegóły (elementy) koła zębatego

Zęby są występami rozmieszczonymi równomiernie na obwodzie koła.

Wrąb (luka międzyzębna) jest wolną przestrzenią (odstępem) między dwoma sąsiednimi bokami (flankami) zębów.

Czoto jest powierzchnią boczną wieńca widzianą z obydwóch stron patrząc wzdłuż osi.

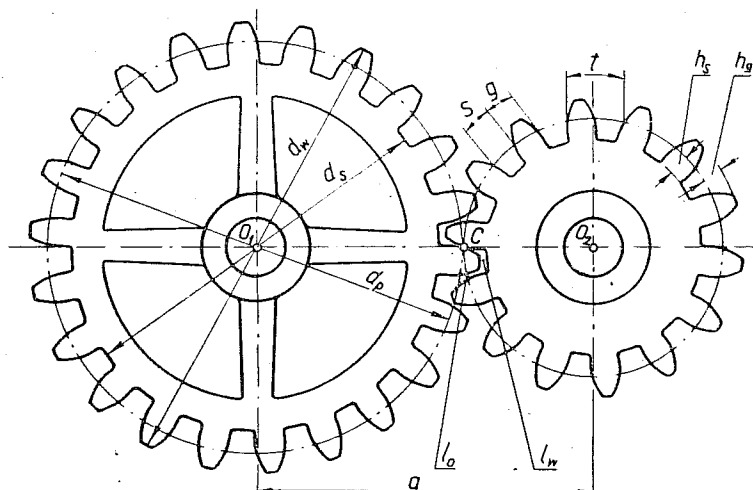
Wieniec jest częścią obwodową koła zębatego, na której znajdują się zęby.

Ramiona łączą piastę koła z wieńcem. Przy małych kołach (zębniakach) połączenie wieńca z piastą jest bezpośrednie — bez ramion.

Piasta łączy ramiona koła i obejmuje wałek, na którym jest osadzona.

Jeżeli przyjrzymy się kołom zębatym na rys. 45, to zauważymy, że na każdym z nich możemy wyodrębnić trzy różne okręgi.

Każdy z tych okręgów ma specjalną nazwę: koło podziałowe, koło wierzchołkowe i koło dna wrębów (rys. 60).



Rys. 45. Charakterystyczne szczegóły zazębienia

Koło podziałowe jest tym kołem domyślnym, na którym odmierza się podziałkę. Koło to pokrywa się zazwyczaj z *kołem tocznym*, odtaczającym się bez poślizgu po drugim takim samym kole współpracującego koła zębatego lub zębniaka. Z tego też powodu koło podziałowe bywa także nazywane *kołem tocznym*. W niektórych przypadkach korygowanych zazębienia koło podziałowe nie pokrywa się z kołem tocznym. Nazwa „koło podziałowe“ pochodzi od odmierzanej na nim podziałki.

Podziałka, oznaczana literą t , jest to odstęp zęba od zęba mierzony wzdłuż obwodu koła podziałowego, jak to wskazują strzałki na rys. 45.

Moduł (rys. 56) jest umownie wprowadzoną wielkością podstawową określającą rozmiary zazębienia; oznacza on stosunek podziałki do liczby π ($m = \frac{t}{\pi}$, czyli: moduł = podziałka podzielona przez 3,14).

Koło wierzchołkowe (głów) zakreśla wierzchołki zębów.
 Koło dna wrębów (stóp, podstaw) jest kołem, z którego zęby wystają albo na którym leżą dna wrębów.

Koło zasadnicze jest kołem, z którego odwija się ewolwenta.
 Wielkość każdego z tych kół określamy z ich średnic, zaznaczonych na rys. 45 strzałkami i odpowiednimi literami.

Średnica podziałowa d_p jest średnicą koła podziałowego, a przy obliczaniu i konstruowaniu jest najważniejsza.

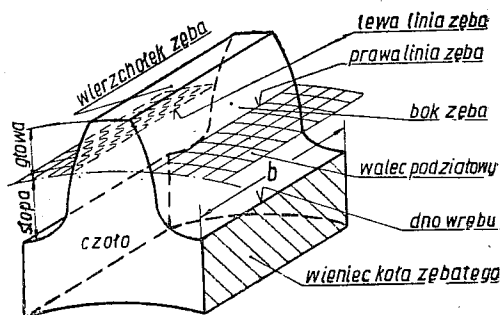
Średnica wierzchołkowa (głów) d_w jest większa o podwójną wysokość głowy zęba od średnicy podziałowej.

Średnica dna wrębów (stóp) d_s jest mniejsza od średnicy podziałowej o dwie wysokości stopy zęba.

Głowa zęba h_g jest górną częścią zęba, zawartą między kołem podziałowym a kołem wierzchołkowym.

Stopa zęba h_s przedstawia część zęba zawartą między kołem dna wrębów a kołem podziałowym.

Wysokość zęba h_z jest sumą wysokości głowy zęba i stopy zęba ($h_z = h_g + h_s$).



Rys. 46. Techniczne określenie szczegółów zęba

Szerokość wienca (długość zęba) b mierzy się wzdłuż osi koła, jak to pokazują strzałki i litera b na rys. 46.

Grubość zęba g jest to odstęp między jego bokami, mierzony na kole podziałowym.

Szerokość wrębu s mierzona jest również na kole podziałowym między dwoma bokami sąsiednich zębów. Grubość zęba t i szerokość wrębu tworzy razem podziałkę ($g + s = t$).

Bok zęba, zwany dawniej flanką, jest jedną stroną zęba (rys. 46).

Zarysem zęba (profilem) nazywamy kształt jego boków.

Ilość zębów oznacza się małą literą z .

Na rys. 45, 58 i 60 podane są także oznaczenia niektórych szczegółów dotyczących pary kół, czyli *przekładni zębatej*.

Przełożenie przekładni zębatej i jest to stosunek między ilością obrotów koła napędzanego (biernego) a ilością obrotów koła napędzającego (czynnego).

Osie kół zębatych (środki) oznaczamy dużą literą O z odpowiednim wskaźnikiem, np.: O_1 .

Odległość osi (odległość środków, rozstawienie) a jest odstępem między geometrycznymi osiami (punktami środkowymi) obydwóch kół.

Punkt styczności (środkowy) C jest punktem przecięcia się kół tocznych z linią środków.

Linia środków O_1O_2 jest tą prostą, która łączy obydwie środki współdziałających kół zębatych.

Linia przyporu (linia zazębienia) G_1G_2 (rys. 60) jest to miejsce geometryczne punktów przyporu czyli punktów zetknięcia się współpracujących zębów.

Odcinek przyporu ae jest czynną częścią linii przyporu, na której zęby kół rzeczywiście współpracują, tj. od punktu zetknięcia się do punktu wyzębienia tej samej pary zębów współpracujących.

Kąt przyporu α w zazębieniu ewolwentowym zawarty jest między linią prostopadłą do linii środków, a linią łączącą punkt przyporu. Ten sam kąt będzie też między linią środków a promieniem koła zasadniczego wyprowadzonego z punktu styczności linii przyporu z kołem zasadniczym. W zazębieniu cykloidalnym kąt przyporu w czasie zazębienia ciągle się zmienia.

Łuk przyporu jest odcinkiem łuków kół tocznych, (a_1Ce_1 lub a_2Ce_2 — rys. 58) o jakie przetoczą się one w tym samym czasie, w jakim punkt przyporu C przesunie się wzdłuż całego odcinka przyporu.

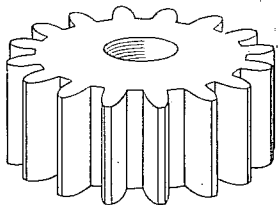
Luz wierzchołkowy (promieniowy) l_w (rys. 45) przedstawia szczelinę między dnem wrębu jednego koła zębatego a wierzchołkiem zęba drugiego koła.

Luz międzyzębny (obwodowy) l_o , mierzony na łuku koła podziałowego, określa szczelinę między współpracującymi zębami celem uniknięcia zakleszczenia.

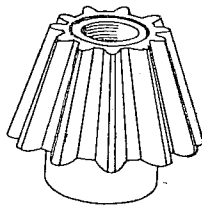
d. Rodzaje kół zębatych

W zależności od kształtu wieńca rozróżniamy koła zębate: *walcowe* i *stożkowe*. W przypadku granicznym koło zębate walcowe przechodzi w *zębatkę*, a koło stożkowe — w *koło koronowe*.

Jak sama nazwa wskazuje, bryłą podstawową dla *kół walcowych* (rys. 47) jest walec. Gdy obydwie osie kół przecinają się pod pewnym, zwykle prostym kątem, wówczas stosuje się *koła stożkowe* (rys. 48). Bryłą podstawową tych kół są stożki ścięte.



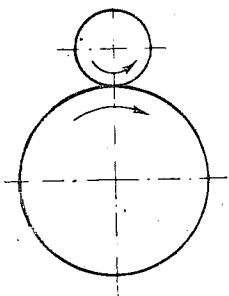
Rys. 47. Koło zębate walcowe



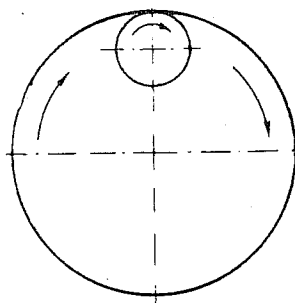
Rys. 48. Koło zębate stożkowe

Tak koła walcowe jak i stożkowe mogą mieć *uzębienie zewnętrzne* albo *uzębienie wewnętrzne*, zależnie od tego, czy zęby znajdują się na zewnętrznej stronie wieńca, czy na wewnętrznej.

Przekładnia zewnętrzna (rys. 49) utworzona jest z kół o uzębieniu zewnętrznym. Podczas pracy koła te obracają się w odwrotnych kierunkach.



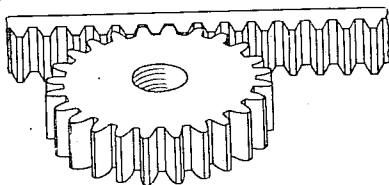
Rys. 49. Przekładnia zewnętrzna



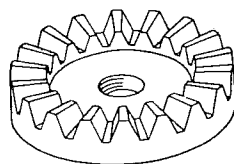
Rys. 50. Przekładnia wewnętrzna

Przekładnia wewnętrzna (rys. 50) składa się z jednego koła o uzębieniu zewnętrznym i z drugiego, obejmującego je, koła z uzębieniem wewnętrznym. Koła w przekładni wewnętrznej obracają się w tym samym kierunku.

Zębatka (rys. 51) i koło zębate służą do przekształcania ruchu posuwistego na obrotowy lub odwrotnie. Zębatkę możemy sobie wyobrazić jako koło zębate walcowe o olbrzymiej średnicy.



Rys. 51. Zębatka i koło zębate

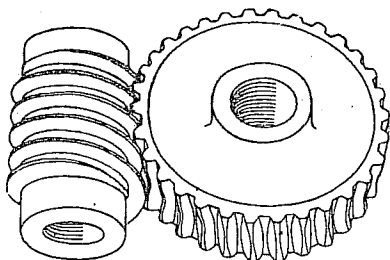


Rys. 52. Koło koronowe

Koło koronowe (tarcza zębata, zębatka pierścieniowa, rys. 52) i zębnik stosuje się również wtedy, gdy osie kół mają być umieszczone pod kątem prostym. Koło takie ma także kształt walca, lecz zęby jego znajdują się po czołowej stronie wieńca.

Oprócz tych kół z zębami prostymi spotyka się w maszynach koła zębate z zębami o różnych kształtach. Tak u kół walcowych jak i u stożkowych mogą być zęby: śrubowe, strzałkowe (daszkowe), łukowe, a u stożkowych jeszcze inne. W zegarmistrzostwie prawie wcale ich się nie stosuje. Mogą jednak mieć zastosowanie w bardziej skomplikowanych przekładniach naciągu elektrycznego zegarów wieżowych.

Koła śrubowe, tak walcowe jak i stożkowe stosowane są zwłaszcza wtedy, gdy osie kół w stosunku do siebie są wchrowate, to znaczy, że nie są równoległe ani się nie przecinają.



Rys. 53. Przekładnia ślimakowa

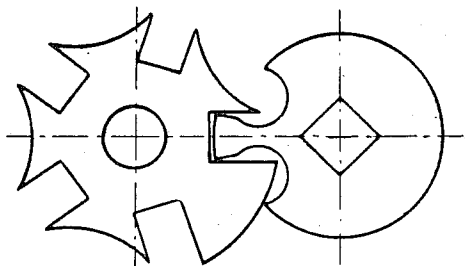
Jako specjalny przypadek zazębienia śrubowego występuje przekładnia ślimakowa (rys. 53), składająca się ze ślimaka i ślimacznicę (koła ślimakowego). Osie ich krzyżują się pod kątem prostym, lecz się nie przecinają. Przekładnia ślimakowa stosowana jest zwykle do znacznego zmniejszenia ilości obrotów, szczególnie w takich przypadkach, gdzie chodzi o dużą oszczędność miejsca. Nadaje się również do przenoszenia większych sił. Oczywiście, będzie to wtedy przekładnia zwalniająca, tzn. ślimak będzie napędzał ślimacznicę. Taka przekładnia jest stosowana w elektrycznych naciągach zegarów wieżowych. Przekładni ślimakowych przyśpieszających, do zwiększania ilości obrotów, używa się bardzo rzadko.

W zegarmistrzostwie przekładnia ślimakowa ma bardzo małe zastosowanie, mimo że mamy tu do czynienia z dużymi przełożeniami i zależy nam na małych rozmiarach mechanizmów. Powodem tego jest bardzo niska sprawność przekładni ślima-

kowych oraz konieczność ustawicznego i obfitego smarowania, gdyż między zębami ślimaka i ślimacznicy występuje duże tarcie. Stąd też i trwałość przekładni ślimakowej jest znacznie krótsza niż czołowych kół zębatych. Sprawność tej przekładni zależy w dużej mierze od pochylenia zwojów ślimaka w stosunku do poprzecznej płaszczyzny oraz od współczynnika tarcia. Jeżeli kąt pochylenia zwojów jest większy, np. 30° , a współczynnik tarcia przyjmiemy 0,04, to współczynnik sprawności wynosi 0,9. Natomiast przy małych kątach, np. gdy kąt ma $2,5^{\circ}$, sprawność wynosi tylko 0,66 a przekładnia taka staje się samohamowna, tzn. że ślimacznica nie można obrócić ślimaka.

Czasem można spotkać przyspieszającą przekładnię ślimakową również w mechanizmach zegarów wieżowych, zastosowaną zamiast czołowych kół zębatych w przekładni chodu lub w przekładni bicia. Jako przykład może posłużyć zegar na wieży kościoła św. Michała w Lublinie na Bronowicach.

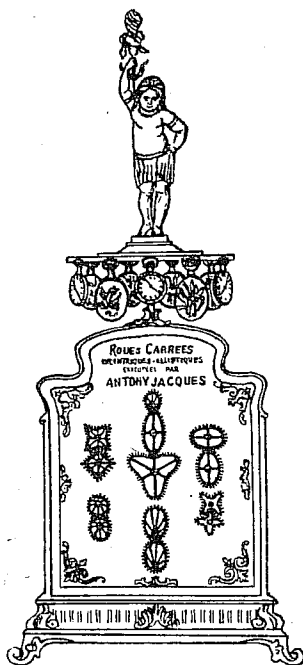
Ponadto należy jeszcze wspomnieć o przekładni okresowej, nazywanej także *krzyżem maltańskim* (rys. 54), oraz o *przekładni Grissona*, w której mniejsze koło ma tylko dwa zęby. Obie te przekładnie są wolnobieżne i nie nadają się do przenoszenia dużych sił.



Rys. 54. Krzyż maltański

Krzyż maltański, stosowany w zegarmistrzostwie, zwany czasem zastawką narcyzową, ma 5 ramion. Prawdziwy krzyż maltański, który ma tylko 4 ramiona spotkać można w mechanizmach aparatów kinematograficznych. Wykonuje on około 1000 skoków na minutę.

W starszych zegarach krzyż maltański był często stosowany nawet w mechanizmach chodu, w celu ustalenia i ograniczenia ilości obrotów wałka sprężyny podczas nakręcania zegarka, aby w ten sposób uniknąć krańcowych, nierównomiernych naprężeń sprężyny i zabezpieczyć ją od zerwania. Obecnie krzyż maltański stosuje się jeszcze w niektórych mechanizmach budzenia.



Rys. 55. Model obrotnicy wystawowej, w której zastosowane są przekładnie zębate składające się z elementów o różnych kształtach

Jeżeli chodzi o zazębienie czołowe, to bywają również takie przekładnie, w których zamiast kół zębatach znajdują się zębate elementy mające kształty gwiazd, elips, kwadratów z zaokrąglonymi wierzchołkami, owali oraz innych figur. Słynny był swego czasu model obrotnicy wystawiony w oknie wystawowym przez jednego z francuskich zegarmistrzów, zaopatrzony właśnie w takie przekładnie zębate, które widzimy na rys. 55. Przekładnie te nie mają jednak praktycznego zastosowania w budowie zega-

rów, ponieważ osie tych przekładni obracają się ze zmienną szybkością kątową.

Główną zaletą przekładni zębatej w ogóle jest to, że przenosi ona ruchy obrotowe przy stosunkowo małej stracie energii. Średni współczynnik sprawności dobrze obrobionych kół zębatych i dobrze smarowanych wynosi 0,96 do 0,98.

e. Obliczanie kół zębatych

Dla każdego koła średnica jest wielkością podstawową. Chcąc obliczyć obwód koła U trzeba znać średnicę (lub promień). Obliczenia kół zębatych przeprowadza się na kołach podziałowych. Obwód koła podziałowego otrzymujemy mnożąc jego średnicę podziałową przez π , czyli:

$$U_{kp} = d_p \cdot \pi$$

Przypomnieć należy, że π jest stałą wielkością oznaczającą ile razy średnica mieści się w obwodzie koła. Jest to liczba niewymierna, więc jej ułamek dziesiętny jest nieskończony (3,14159...). W praktyce przyjmuje się tę liczbę z mniejszym lub większym zaokrągleniem, najczęściej 3,14.

Obwód koła podziałowego można także otrzymać jeszcze w inny sposób. Wiemy, że na kole podziałowym można odmierzyć tyle podziałek t , ile jest zębów w kole. Jeżeli więc koło ma z zębów, to mnożąc podziałkę przez ilość zębów otrzymamy obwód koła podziałowego, czyli:

$$U_{kp} = t \cdot z$$

Przyrównując te obydwa wzory do obliczenia obwodu koła podziałowego możemy napisać zależność:

Średnica podziałowa $\times \pi =$ podziałka \times ilość zębów, czyli

$$d_p \cdot \pi = t \cdot z$$

Stąd zaś po przekształceniu tej równości możemy obliczyć średnicę podziałową:

Średnica podziałowa = podziałka podzielona przez $\pi \times$ ilość zębów, czyli

$$d_p = \frac{t}{\pi} \cdot z$$

Jednak licząc według tego ostatniego wzoru spostrzegamy, że jeżeli podziałka t będzie wyrażona liczbą wymierną (a ilość zębów z nie może przecież być ułamkowa), to średnica podziałowa, wskutek dzielenia przez niewymiernie π , będzie liczbą niewymierną. W praktyce byłoby to niewygodne, gdyż i odstępki osi również byłyby liczbami niewymiernymi. Aby więc uniknąć tej niedogodności umówiono się, że stosunek podziałki do liczby π niewymiernej będzie się podawało w liczbach wymiernych i to dla wygody rachunku, całkowitych lub będących skończonym ułamkiem dziesiętnym. Wprowadzono w ten sposób nową wielkość zwaną *modułem*, który oznacza się małą literą m . Wielkość modułu podaje się zawsze w mm.

Moduł = podziałka podzielona przez π , czyli

$$m = \frac{t}{\pi}$$

Aby nie trzeba było trzymać na składzie wielkiej ilości drogich narzędzi do nacinania zębów, wartości liczbowe modułów zostały znormalizowane.

Szereg nominalnych modułów: 0,3 (0,35) 0,4 (0,45) 0,5 (0,55) 0,6 (0,65) 0,7 0,8 0,9 1,0 1,25 1,5 1,75 2,0 2,25 2,5 2,75 3,0 3,25 3,5 3,75 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8 9 10 11 12 13 14 15 16 18 20 (modułów w nawiasach należy unikać).

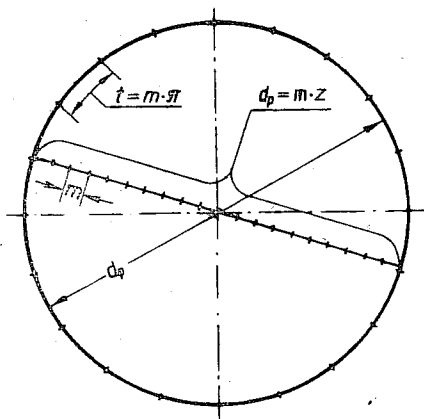
Dla każdego koła zębatego wystarczy mieć moduł i liczbę zębów, a wtedy średnicę podziałową obliczamy w prosty sposób:

Średnica podziałowa = moduł \times ilość zębów, czyli

$$d_p = m \cdot z$$

Widzimy stąd, że średnica podziałowa d_p równa się modułowi m , pomnożonemu przez ilość zębów z , albo innymi słowy: n a

średnicy podziałowej można odmierzyć tyle modułów, ile jest zębów na kole. Wyjaśnienie tego powiedzenia widzimy na rys. 56.



Rys. 56. Wyjaśnienie zależności podziałki i średnicy podziałowej od modułu

Jeżeli dla danej liczby zębów przyjmie się większy moduł, to i średnica koła podziałowego będzie większa, jeżeli natomiast moduł jest mniejszy, to i średnica koła podziałowego jest mniejsza. A zatem moduł jest wykładnikiem stosunku średnicy koła podziałowego do ilości zębów. Dlatego też moduł, łącznie z ilością zębów, jest miernikiem, jak duże ma być koło zębate.

Wielkości kół zębatych o ewolwentowym zarysie zębów, jakie ogólnie stosowane są przy budowie maszyn, obliczane są przy pomocy modułów. Natomiast w konstrukcjach przekładni zegarowych o cykloidalnym zarysie zębów sposób ten wprowadzany jest stopniowo, a w ostatnich czasach stosuje go się coraz częściej. Z tego też względu pojęcie modułu musi być dla zegarmistrza jasne, aby przy obliczaniu kół i zębników nie stosował modułu mechanicznie, ale znał dobrze jego znaczenie.

Podstawą do wyboru odpowiedniej wielkości modułu jest odległość osi dwóch kół, jaką mamy do dyspozycji, przy czym należy mieć na uwadze względy wytrzymałościowe. W tym jed-

nak przypadku sprawę modułu inaczej traktuje konstruktor, a inaczej praktyk-zegarmistrz. Konstruktor projektuje tak ilość zębów jak i odległość osi, zegarmistrz zaś musi na ogół dostosować się do istniejących już wielkości ustalonych przy konstrukcji mechanizmu.

Mamy na przykład mechanizm zegara wieżowego, do którego trzeba dorobić *nową przekładnię chodu* o ewolwentowym zarysie zębów. Starych kół i zębników nie ma, na których moglibyśmy się wzorować. Na podstawie reszty części ustaliliśmy, że wahadło powinno robić 2700 wahaniec (pojedynczych) na godzinę. Koło wychwytowe ma 25 zębów. Wobec tego oś koła wychwytowego ma wykonać 54 obroty na godzinę (gdyż 2700 podzielone przez 50, czyli przez podwójną ilość zębów koła wychwytowego = 54). Natomiast oś napędowa powinna obrócić się 1 raz na godzinę, ponieważ na niej znajduje się tarcza włączeniowa mechanizmu bicia. A więc stosunek całej przekładni ma być 54 : 1. Oczywiście, jedna para kół tutaj nie wystarczy, tym bardziej, że łożysk w szkielecie jest na dwie pary.

Rozkładamy ten stosunek na dwa mniejsze.

$$\frac{54}{1} = \frac{6}{1} \cdot \frac{9}{1}$$

Możemy więc zastosować dwie pary kół i zębników, jedną o stosunku 6 : 1, a drugą 9 : 1.

Mniejszy stosunek 6 : 1 przyjmiemy dla koła napędowego i zębника pośredniego, ze względu na większą siłę naporu wymagającą grubszych zębów, które nie pomieściłyby się na zbyt małym zębniku.

Teraz ustalamy średnice podziałowe. Nie możemy jednak wybierać dowolnych, gdyż musimy zachować, przynajmniej w przybliżeniu, te same odległości osi. Od osi napędowej do osi pośredniej jest 212 mm. Stosunek tej przekładni ma być

6 : 1. Jeżeli więc podzielimy tę odległość przez 7, to wynik (iloraz) będzie promieniem podziałowym zębniaka pośredniego, a ten sam iloraz pomnożony przez 6, będzie promieniem podziałowym koła napędowego.

$$212 \text{ mm} : 7 = 30,2 \text{ mm}$$

Obliczenie takie można tylko wtedy przeprowadzić, gdy jedna z liczb stosunku jest jednością.

Natomiast średnica podziałowa będzie:

$$30,2 \text{ mm} \cdot 2 = 60,4 \text{ mm}$$

Następnie dobieramy odpowiedni moduł; a więc nie za mały, żeby zęby nie były za cienkie, ani też za duży, żeby uniknąć zbyt małej ilości zębów, a przy tym niepożądanego ich podcięcia. Przyjmujemy więc moduł 4, i obliczamy ilość zębów zębniaka pośredniego dzieląc średnicę podziałową przez moduł, czyli:

$$z = \frac{d_p}{m} = \frac{60,4}{4} = 15,1$$

Ponieważ ilość zębów nie może być liczbą ułamkową, dlatego przyjmujemy okrągło $z = 15$ i obliczamy właściwą średnicę podziałową zębniaka pośredniego mnożąc moduł przez ilość zębów, czyli:

$$d_p = m \cdot z = 4 \cdot 15 = 60 \text{ mm}$$

Następnie obliczamy koło napędowe. Ze stosunku przekładni obliczamy w pierw ilość zębów, mnożąc ilość zębów zębniaka przez 6, a zatem:

$$15 \cdot 6 = 90 \text{ zębów}$$

Średnicę podziałową obliczamy ze wzoru:

$$d_p = m \cdot z = 4 \cdot 90 = 360 \text{ mm}$$

Sprawdzamy odległość osi:

$$(360 + 60) : 2 = 210 \text{ mm}$$

A więc odległość osi będzie teraz wynosić 210 mm, a nie 212 mm jak było poprzednio.

W ten sam sposób obliczamy drugą parę. Zmierzona odległość osi pośredniej do osi koła wychwytywego wynosi 128 mm. Stosunek przekładni ma być 9 : 1. Wobec tego średnica podziałowa zębniaka wychwytywego będzie:

$$(128 : 10) \cdot 2 = 25,6 \text{ mm.}$$

Ponieważ tu będzie przenoszona już mniejsza siła, dlatego i zęby mogą być mniejsze. Dobieramy więc moduł 2 i obliczamy ilość zębów zębniaka wychwytywego.

Ilość zębów równa się średnicy podziałowej podzielonej przez moduł, czyli:

$$z = \frac{d_p}{m} = \frac{25,6}{2} = 12,8$$

Zaokrąglamy ilość zębów na 13 i obliczamy właściwą średnicę podziałową zębniaka wychwytywego, która równa się modułowi pomnożonemu przez ilość zębów, czyli:

$$d_p = m \cdot z = 2 \cdot 13 = 26 \text{ mm}$$

Teraz w ten sam sposób jak koło napędowe obliczamy koło pośrednie:

Ilość zębów koła pośredniego $z = 13 \cdot 9 = 117$

Średnica podziałowa koła pośredniego

$$d_p = m \cdot z = 2 \cdot 117 = 234 \text{ mm}$$

Odległość osi $a = (234 + 26) : 2 = 130 \text{ mm}$

Poprawiamy poprzednią odległość 128 mm na 130 mm.

(c. d. na nast. stronie)

Obliczanie ewolwentowych kół zębatych do zegarów wieżowych (w milimetrach)

Wielkość	Oznaczenie	Wzory	Przekładnia wolnobieżna zęby normalne zarys ewolwentowy	
			zębnik	koło
Ilość zębów	z	$z = d_p/m$	15	90
Podziałka	t	$t = m \cdot \pi$	$4 \cdot \pi = 12,566$	
Moduł	m	$m = t/\pi$	4 (założone)	
Kąt przyporu	α		20° (założone)	
Wys. głowy zęba	h_g	$h_g = m$		4
Wys. stopy zęba	h_s	$h_s = m + l_w$		$4 + 1 = 5$
Luz wierzchołkowy	l_w	$l_w = (0,1 \div 0,3) m$	przyjmujemy $l_w = 0,25 m$	
Średnica podział.	d_p	$d_p = m \cdot z$	$4 \cdot 15 = 60$	$4 \cdot 90 = 360$
Średnica wierzchoł.	d_w	$d_w = d_p + 2h_g$	$60 + 2 \cdot 4 = 68$	$360 + 2 \cdot 4 = 368$
Średnica dna wręb.	d_s	$d_s = d_p - 2h_s$	$60 - 2 \cdot 5 = 50$	$360 - 2 \cdot 5 = 350$
Odległość osi	a	$a = (z_1 + z_2) \cdot m/2$	$(15 + 90) \cdot 4/2 = 210$	
Grubość zęba po łuku koła podział.	g	$g = t/2 = m \cdot \pi/2$	$12,566/2 = 6,283$	
Luz obwodowy	l_o		$l_o \text{ min.} = 0,12; l_o \text{ max.} = 0,24$	
Szerokość wieńca	b		$40 \div 50$	$20 \div 25$
Grubość wieńca	w	$w \approx t/2$		$12,566/2 \approx 6,5$

Okazuje się jednak, że nowe odległości zgadzają się w sumie z sumą poprzednich odległości, gdyż $212 \text{ mm} + 128 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$ i tak samo $210 \text{ mm} + 130 \text{ mm} = 340 \text{ mm}$. Oczywiście jest to tylko przypadek. Czasem jednak przy takim dorabianiu przekładni nie można uniknąć przesunięcia łożysk.

Takie ogólne dane z powyższych obliczeń nie wystarczają jeszcze do wykonania tych kół i zębników. Będą tu potrzebne jeszcze inne bardziej szczegółowe wielkości. Podajemy obok w tabelce obliczenia potrzebnych danych dla jednej z przytoczonych par, które mogą służyć za wzór do obliczeń i innych kół o ewolwentowym zarysie zębów.

f. Przenoszenie siły napędowej

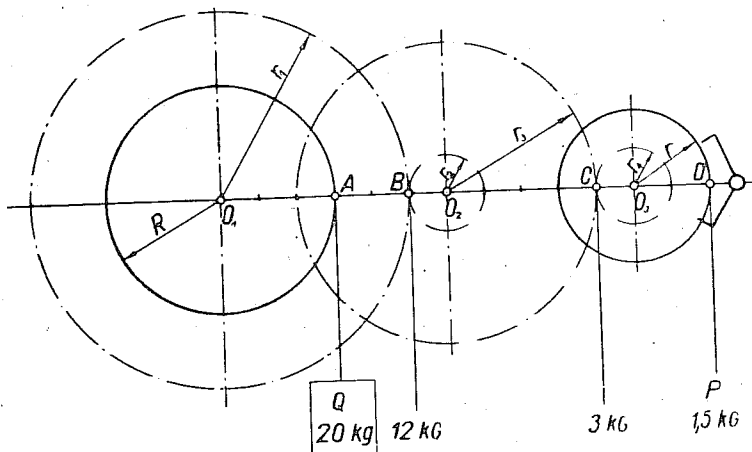
Zadaniem kół zębatach, jak to już wspominaliśmy, jest przenoszenie siły napędowej z jednej osi na drugą. Wielkość działającej siły maleje lub wzrasta, zależnie od stosunku przekładni. Ponieważ przekładnia chodu jest przyspieszająca, przeto siła, licząc od bębna do koła wychwytowego, będzie się zmniejszała.

Działanie poszczególnego koła czy zębника opiera się na zasadzie dźwigni¹⁾. Promień koła podziałowego w danym kole przyjmujemy jako ramię dźwigni, której punkt oparcia leży na osi tego koła. Każde więc koło jest dźwignią równoramienną, na której siła oporu Q równa się sile działającej P . Jeżeli zaś na tej samej osi znajdują się dwa koła o niejednakowych średnicach, z których jedno jest napędzające (czynne), a drugie napędzane (bierne), to przenoszenie momentu obrotowego sprowadza się do działania dźwigni nierównoramiennej.

Na rys. 57 widzimy wyjaśnienie tej zasady na przykładzie schematu przekładni chodu. Na obwodzie bębna o promieniu R wisi obciążnik Q o ciężarze 20 kg. Promień ten jest jednym ra-

¹⁾ Patrz: rozdział I. C. 4 — Dźwignia.

mieniem dźwigni, której punkt obrotu znajduje się na osi O_1 , a koniec w punkcie A na linii łączącej środki wszystkich kół. Zaznaczona podziałka na tej linii obrazuje nam stosunki poszczególnych kół i zębników, czyli ramion dźwigni. Promień bębna R tak się ma do promienia koła napędowego r_1 jak 3 do 5.



Rys. 57. Zasada działania przekładni

Ponieważ na dźwigni nierównoramiennej siły znajdują się w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do długości jej ramion, dlatego siła działającego obciążnika w punkcie A wynosi 20 kG, natomiast w punkcie B będzie:

Siła na kole napędowym równa się ciężarowi pomnożonemu przez promień bębna a podzielonemu przez promień koła napędowego, czyli:

$$P = Q \cdot \frac{R}{r_1} = 20 \cdot \frac{3}{5} = 12 \text{ kG}$$

Podobnie postępujemy obliczając siły w punkcie C lub D, czyli na obwodach dalszych kół. W ten sposób możemy obliczyć, jaka siła będzie przeniesiona na ząb koła wychwytowego.

Jeżeli na przykład na obwodzie bębna o promieniu R działa siła ciężaru obciążnika Q i przenoszona jest za pośrednictwem koła napędowego o promieniu r_1 na zębnik pośredni o promieniu r_2 i dalej przez koło pośrednie o promieniu r_3 i zębnik wychwytowy r_4 , a promień koła wychwytowego jest r , to siłę P na zębie koła wychwytowego, obliczymy według następującego wzoru:

$$P = Q \cdot \frac{R \cdot r_2 \cdot r_4}{r \cdot r_1 \cdot r_3}$$

Podstawiając do tego wzoru dane z rys. 57 otrzymamy:

$$P = 20 \cdot \frac{3 \cdot 1 \cdot 1}{2 \cdot 5 \cdot 4} = 1,5 \text{ kG}$$

Rzecz jasna, że w rzeczywistości siła na kole wychwytowym jest mniejsza, gdyż stosunki kół i zębników w normalnych przekładniach są inne niż w tym przykładzie. Spróbujmy więc przeprowadzić takie obliczenie podstawiając do naszego wzoru wartości z przekładni projektowanej w poprzednim rozdziale. Zakładamy, że $Q = 20 \text{ kg}$, $R = 90 \text{ mm}$, $r = 80 \text{ mm}$ oraz podstawiamy wiadome promienie poszczególnych zębników i kół: $r_2 = 30 \text{ mm}$, $r_4 = 13 \text{ mm}$, $r_1 = 180 \text{ mm}$, $r_3 = 117 \text{ mm}$.

$$P = 20 \cdot \frac{90 \cdot 30 \cdot 13}{80 \cdot 180 \cdot 117} \approx 0,4 \text{ kG}$$

W tym przypadku siła na zębie koła wychwytowego wynosiłaby około $0,4 \text{ kG}$.

Ponieważ średnice podziałowe kół zębatych są proporcjonalne do ilości zębów w danym kole, przeto zamiast mierzyć promienie, można policzyć zęby poszczególnych kół i zębników i obliczyć według następującego wzoru:

Siła równa jest ciężarowi pomnożonemu przez promień bębna, ilość zębów zębniaka pośredniego, i ilość zębów zębniaka wychwytowego, a podzielonemu przez iloczyn promienia koła

wychwykowego, ilość zębów koła napędowego i ilość zębów koła pośredniego, czyli:

$$P = Q \cdot \frac{R \cdot z_2 \cdot z_1}{r \cdot z_1 \cdot z_3}$$

Mała litera z ze wskaźnikiem parzystym, np. z_2, z_4 , oznacza ilość zębów zębników, a ze wskaźnikiem nieparzystym, np. z_1, z_3 — kół.

Podstawiając do tego wzoru z tej samej przekładni ilości zębów otrzymamy tak samo:

$$P = 20 \cdot \frac{90 \cdot 15 \cdot 13}{80 \cdot 90 \cdot 117} \approx 0,4 \text{ kG}$$

Jeżeli przekładnia ma więcej par kół i zębników, to ilości zębów poszczególnych zębników dopisujemy w tym wzorze nad kreską ułamkową (w liczniku), a ilości zębów kół — pod kreską (w mianowniku).

$$P = Q \cdot \frac{R \cdot z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \cdot z_8 \dots}{r \cdot z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \cdot z_7 \dots}$$

Słusznie można by zauważyć, że wzór ten powinien nam posłużyć także do obliczenia ciężaru obciążnika. I owszem, jeżeli będzie znana wielkość siły P . Jednak w praktyce sprawa ta nieco się komplikuje ze względu na trudność ustalenia siły P , potrzebnej do udzielenia impulsu wahadłu, o czym pisaliśmy już przy ustalaniu ciężaru obciążnika.

g. Tarcie w zazębieniu

W przytoczonych przykładach obliczania siły nie uwzględniliśmy nieużytecznych oporów *tarcia*, jakie zachodzą podczas pracy przekładni. Wiemy przecież, że przy każdym przesuwaniu się ciał po sobie tarcie istnieje¹⁾. W przekładni chodu występuje ono w łożyskach i na zębach kół i zębników. Na podstawie

1) Patrz: rozdział I. C. 7 — Tarcie.

doświadczeń i obliczeń ustalono, że wskutek tego tarcia dla jednej pary (koła i zębniaka w łożyskach ślizgowych) traci się około 6% siły. Dlatego otrzymaną z podanego wzoru liczbę, oznaczającą wielkość siły, należy pomnożyć przez współczynnik $0,94^n$, gdzie n oznacza ilość par kół i zębniaków w przekładni.

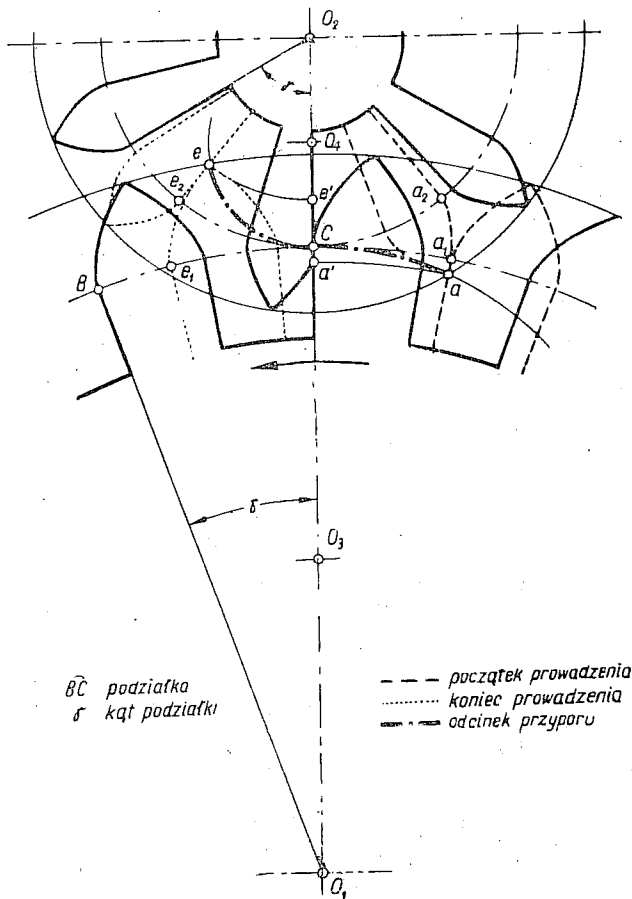
Jednak i takie obliczenie będzie dokładne tylko z pewnym przybliżeniem, gdyż wielkość tarcia może się zmieniać zależnie od rodzaju zębów zastosowanych w przekładni chodu oraz od rodzaju łożysk ²⁾.

h. Zazębienia cykloidalne i zegarowe

Na rys. 58 przedstawione jest zazębienie cykloidalne. Widzimy tu, że początek *prowadzenia* (przyporu), czyli stykania się zębów koła i zębniaka, następują w punkcie *a*. Współpraca zębów odbywa się wzdłuż odcinka przyporu, tzn. od punktu *a* do *e*.

²⁾ Zegarmistrze rozróżniają ogólnie w pewnym sensie „tarcie wchodzące“ i „wychodzące“. Odróżnienie to nie ma jednak żadnego znaczenia w mechanice teoretycznej. Różnicę tę wyjaśniają zegarmistrze przykładem z laską: „Można wyobrazić sobie laskę opartą ukośnie o ziemię i popychaną przed sobą. Przy każdej nierówności laska się zatrzyma i musi pokonać opór zanim nierówność zostanie usunięta. Jeżeli zaś ciągnie się laskę za sobą, będzie się łatwo posuwała po wszelkich nierównościach“. Owszem, ten drugi przypadek (przy ciągnięciu laski) wskazuje na łagodniejsze posuwanie się, wymagające daleko mniejszego zużycia trących się powierzchni. Ale trzeba wiedzieć, że przy popychaniu laski wielkość oporu była powodowana nie tylko tarciem, ale nawet odkształceniem trwałym (zarysowaniem). Natomiast, gdy mówimy o tarcu, to powierzchnie stykających się ciał mają być dostatecznie duże, aby nie powodowały wzajemnych odkształceń, np. przez zarysowanie. Oprócz tego przy popychaniu laski (lub innego przedmiotu nachylonego pod pewnym kątem do powierzchni) działająca siła nie jest wykorzystana całkowicie na posuwanie, ale zwiększa jeszcze docisk trących się powierzchni, wskutek czego musi zwiększyć się i tarcie. Widzimy więc, że takie mniemanie było całkiem niewłaściwe. Dlatego w „Zegarmistrzostwie“ zasadniczo nie będziemy używać tego określenia „tarcie wchodzące“ lub „wychodzące“.

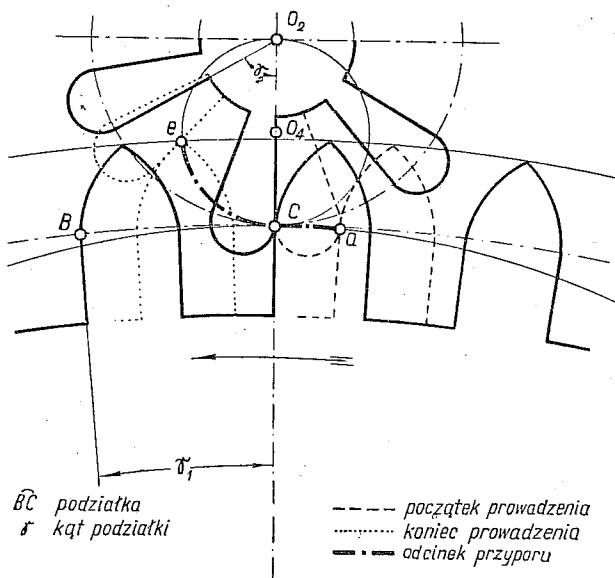
W zazębieniach zegarowych, gdy zębnik o małej ilości zębów jest napędzany, należy dążyć do zmniejszenia prowadzenia



Rys. 58. Zazębienie cykloidalne

przed linią środków, gdyż przy pracy, na początkowej części odcinka przyporu, kierunek siły działającej na ząb zębnika przechodzi w pobliżu środka O_2 . Nieznaczny wzrost tarcia może spowodować przybliżenie kierunku działania siły do osi obrotu,

powodując przez to zmniejszenie momentu przenoszonych, a nawet zakleszczenie ząbienia. Aby tego uniknąć, korygujemy ząbienie cykloidalne przez obniżenie wysokości zęba zębniaka. Dzięki temu prowadzenie rozpoczyna się później (bliżej linii środków), gdzie już warunki pracy zębów są znacznie korzystniejsze.



Rys. 59. Zazębienie zegarowe

Korygowanie więc zębów o zarysie cykloidalnym polega na obniżeniu zębów zębniaka w celu uniknięcia zakleszczeń. Takie poprawienie zębów czyni również przekładnię mniej czułą na dokładne zachowanie teoretycznej odległości osi. Przykład ząbienia zegarowego widzimy na rys. 59. Głowa zęba u zębniaka jest tu zaokrąglona, wskutek czego prowadzenie rozpoczyna się blisko linii środków. Oczywiście, byłoby bardzo dobrze, gdyby prowadzenie rozpoczynało się dopiero od punktu C, ale, niestety, warunek ten trudno jest spełnić, gdyż łuk przyporu

$a_1 Ce_1$ (równy co do długości łukowi $a_2 Ce_2$ — rys. 58) musi być zawsze większy od podziałki CB. Jeżeli zaś łuk ten byłby mniejszy od podziałki, to nie byłoby ciągłości zazębienia.

Szczegółowe opisy zazębienia cykloidalnego i zegarowego będą podane w następnej części, o czym zresztą już wspominaliśmy. Tu jednak należało wyjaśnić przynajmniej te sprawy, co do których może się nasunąć wątpliwość już przy zazębieniu ewolwentowym.

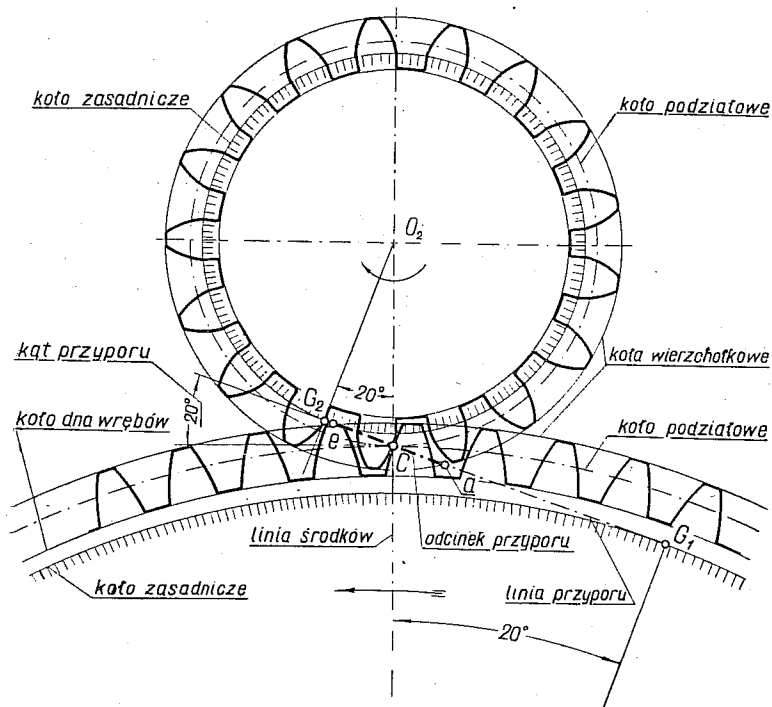
i. Zazębienie ewolwentowe

Zastanówmy się jeszcze od czego zależy prawidłowa współpraca zazębienia ewolwentowego. Przykład tego zazębienia widzimy na rys. 60. Odcinek przyporu aCe jest częścią linii zazębienia G_1, G_2 , która w zazębieniu ewolwentowym jest linią prostą.

Prowadzenie odbywa się tu zawsze po obydwu stronach linii środków, nawet i w tych przypadkach, gdy zębnik o małej ilości zębów jest napędzany. W czasie zazębienia się dwóch kół zębatych nie powinien nigdy nastąpić taki moment, aby jedna para zębów skończyła swą pracę, a druga jeszcze jej nie rozpoczęła, gdyż inaczej utrzymanie ciągłości ruchu byłoby niemożliwe. Aby więc była zapewniona prawidłowa praca zazębienia ewolwentowego, musi być spełniony następujący warunek: Droga, jaką przebywa ząb w czasie zazębienia, mierzona po kole podziałowym musi być większa od podziałki. Jeśli ta droga będzie większa od podziałki na tym kole, to na pewno w niektórych momentach będą się zazębiały co najmniej dwie pary zębów. Jeśli jednak ta droga byłaby mniejsza od podziałki, to nie tylko, że druga para zębów nie brałaby nigdy udziału w zazębieniu, lecz nawet, po wyjściu z zazębienia jednej pary, przez krótki moment nie byłoby w ogóle zazębienia, a to jest niedopuszczalne.

Dlatego wprowadzono pojęcie tzw. *liczby przyporu* (stopnia pokrycia), która pozwala nam określić prawidłowość zazębienia.

Liczbą przyporu nazywamy stosunek łuku przyporu do podziałki mierzonej po łuku koła tocznego. Tę samą liczbę przyporu w ząbieniu ewolwentowym można również otrzymać ze stosunku odcinka przyporu do podziałki mierzonej po łuku koła zasadniczego. Aby więc ząbienie odbywało się bez przerw, odcinek przyporu musi być większy aniżeli podziałka mie-

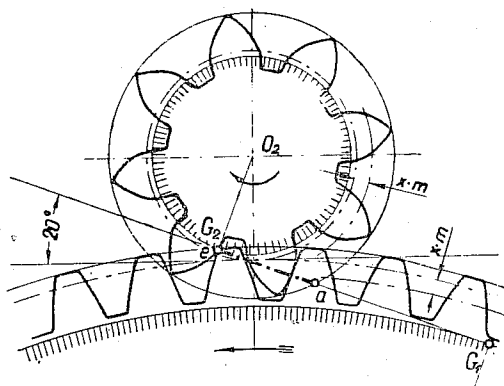


Rys. 60. Zazębienie ewolwentowe

rzona po łuku koła zasadniczego, tzn. że liczba przyporu musi być zawsze większa od 1. Odcinek prawidłowego przyporu w ząbieniu ewolwentowym nie może jednak sięgać poza punkty G_1 i G_2 (rys. 60 i 61), gdyż w przeciwnym razie zęby mniejszego z kół tej przekładni byłyby pod-

cięte. Aby uniknąć podcięcia, ilość zębów zębnika nie może być mniejsza od *granicznej ilości zębów*, która przede wszystkim zależy od kąta przyporu. Jeżeli przyjmiemy kąt przyporu 20° , to graniczna ilość zębów (najmniejsza bez podcięcia) będzie wynosić 17. W praktyce dopuszcza się lekkie podcięcie zębów u podstawy, które nie jest jeszcze szkodliwe, i przyjmuje się *praktyczną graniczną ilość zębów* — 14 przy kącie przyporu 20° .

Dla przekładni zegarowych te ilości zębów w zębnikach są jednak za duże. Można by wprawdzie zwiększyć kąt przyporu, aby uzyskać mniejszą ilość zębów. Ale przy większym kącie przyporu zwiększa się nacisk normalny na ząb i parcie na osie kół, dlatego nie jest dobrze stosować większego kąta przyporu niż 20° .



Rys. 61. Zazębienie ewolwentowe—korygowane.

Jest jednak inny sposób uniknięcia podcinania zębów, który pozwala na stosowanie mniejszej ilości zębów niż graniczna. Tym sposobem jest poprawianie, czyli *korekcja zębów*.

Na rys. 61 przedstawione jest korygowane zazębienie ewolwentowe o kącie przyporu 20° , dlatego zębnik może tu mieć 8 zębów.

Korygowanie zazębienia ewolwentowego polega na przesunięciu narzędzia nacinającego zęby o pewną wielkość $x \cdot m$

(rys. 61), wskutek czego wysokość głowy zęba koła zostaje odpowiednio zmniejszona, a wysokość stopy zwiększona, tak żeby wysokość całego zęba pozostała bez zmiany. Natomiast u zębownika zwiększa się wysokość głowy zęba, a zmniejsza się wysokość stopy zęba. Oczywiście, przesunięcie to nie może być dowolnie wielkie, aby nie spowodowało zbyt dużego zaostrenia zębów zębownika lub podcięcia zębów koła ¹⁾.

Podczas pracy przekładni zębatej istnieje poślizg między profilami koła i zębownika przy jednoczesnym docisku. Stąd wzdłuż pracującej części profilu zęba zachodzi tarcie. Dlatego też zęby przekładni przenoszącej większe momenty powinny być smarowane, aby zmniejszyć tarcie i zabezpieczyć przekładnię przed szybkim wypracowaniem. Natomiast gdy przekładnia przenosi bardzo małe momenty, jak np. w zegarach i zegarkach, gdzie siła przylegania zębów, zwiększona smarem, byłaby większa od siły tarcia, wówczas zębów nie powinno się smarować.

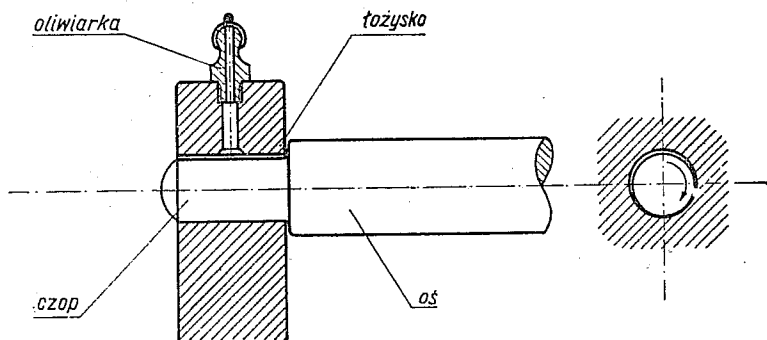
3. Osie, czopy i łożyska

Części maszyn, służące do wykonywania ruchu obrotowego, są osadzone na *osiach* lub *wałach*. Przyjmuje się nieraz takie rozróżnienie, że osie są nieruchome, a obracają się koła na nich osadzone; wały zaś obracają się razem z kołami. Czasem jednak i osie obracają się razem z kołami (np. u wagonów kolejowych). Dlatego lepiej jest zwracać uwagę na istotną różnicę, która polega na tym, że wały narażone są przede wszystkim na skrećanie, osie zaś — na zginanie.

W zegarmistrzostwie natomiast *osiami* nazywamy wałki, na których osadzone są nieruchomo koła lub zębowniki; *wałki* zaś są bez kół, np.: wałki sprężyn, wałki naciągowe itp.

1) Obszerniejsze wyjaśnienia korekcji ewolwentowych kół zębatych oraz ich konstrukcję znajdzie Czytelnik w książce: Inż.-mech. Kazimierz Ochęduszek, „Koła zębate w przystępnym zarysie”. Tom I. Konstrukcja.

Koła i zębniaki przekładni chodu osadzone są na osiach. Każda oś w zegarze wieżowym zakończona jest dwoma czopami (rys. 62), które umieszczone są w odpowiednich otworach szkieletu, zwanych łożyskami. Czopy te powinny z łożysk wystawać nieco więcej niż luz osiowy, co na rys. 62 nie jest uwzględnione.



Rys. 62. Przekrój łożyska zegara wieżowego

Wielkość czopów i łożysk w mechanizmach zegarowych — wskutek bardzo nieznacznych sił działających — określa się zwykle na podstawie danych doświadczalnych.

Celem zmniejszenia tarcia wykonuje się łożyska i czopy z różnych materiałów: Czop zwykle jest z twardszego materiału, a łożysko z miększego. Czasem jednak bywa odwrotnie, np. w zegarkach, gdzie łożyska są kamienne.

Czop musi być jednakowo gruby, aby na całej długości dobrze przylegał. Powierzchnie przylegania czopów przenoszących większe siły (a więc w przekładni chodu leżących bliżej napędu) muszą być dostatecznie duże, aby zużycie ich lub podtrzymujących je łożysk, nie następowało zbyt szybko. Ponieważ grubszy i dłuższy czop będzie miał większą powierzchnię, dlatego czopy osi położonych najbliżej siły napędowej muszą być grubsze.

Na rys. 62 pokazany jest w przesadzie luz promieniowy między łożyskiem i czopem. Jeżeli czop się nie obraca, to leży w naj-

niższym punkcie łożyska; jednak z chwilą uruchomienia podnosi się, wskutek tarcia, w odwrotnym kierunku do ruchu.

Na pokonanie oporów tarcia powstających w łożysku zużywa się tym więcej pracy im większa jest średnica czopa (przy stałym jego obciążeniu). Dzieje się tak dlatego, że miarą wykonanej pracy jest iloczyn siły przez drogę, na której ona działa ¹⁾. W danym wypadku, siłą, której działanie należy pokonać, jest siła tarcia, a wielkość drogi zależy od średnicy czopa. Tak więc przy obrocie czopa, np. o 1 obrót, droga, na której pokonujemy tarcie, jest równa obwodowi czopa. Mimo że opory tarcia będą tym mniejsze, im cieńsze są czopy, nie wolno jednak przekroczyć pewnej normy, ponieważ za małe powierzchnie czopów i łożysk w stosunku do nacisku zniszczyłyby się zbyt szybko.

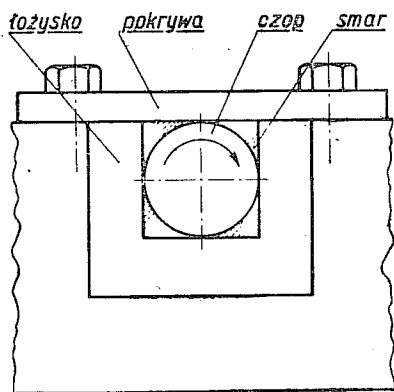
Ze zmniejszeniem się siły napędowej rośnie w zegarach liczba obrotów, które przyspieszają zużycie docierających się części. Nacisk czopa na łożysko może się znacznie zwiększyć lub zmniejszyć przez ciężar kół, zależnie od tego, czy obie te siły (ciężar kół i siła napędowa) działają w tym samym czy w przeciwnym kierunku.

Zużycie czopa i łożyska będzie tym większe, im większe jest jego obciążenie mierzone ilorazem całkowitej siły obciążającej przez powierzchnię styku. A więc przy małej powierzchni zetknięcia nawet małe siły będą powodowały silne i szybkie zużycie.

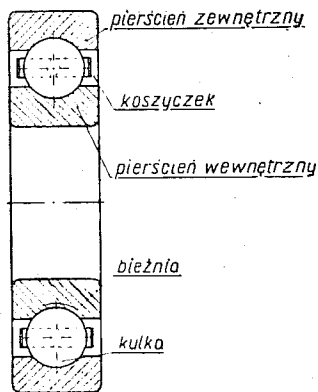
Jest rzeczą zrozumiałą, że dobrze zahartowany i starannie opolerowany czop zawsze może być trochę cieńszy od miękkiego i mniej dobrze opolerowanego, zwłaszcza jeżeli pracuje w gładkim łożysku z mosiądzu lub brązu. Wiemy bowiem, że tarcie i zużycie zależą od stanu powierzchni trących się części i od wielkości wzajemnego docisku. Dlatego im lepiej powierzchnie czopów i łożysk są opolerowane, tym mniejsze jest tarcie i zużycie tych części.

¹⁾ Patrz: rozdział I. C. 6. — Praca i energia.

Aby zmniejszyć tarcie między pracującymi powierzchniami stosuje się smarowanie oliwą. Działa ona jednak tylko dopóty, dopóki za duży nacisk nie wycisnie jej z pomiędzy tych powierzchni; dlatego przy większych naciskach daje się gęstszą oliwę. Niekiedy jednak stosowano łożyska kwadratowe (rys. 63), jak to i teraz jeszcze w dawniejszych zegarach można zauważyć (np. w mechanizmie zegara na wieży kościoła w Wiskitkach koło Żyrardowa). Łożyska takie można było stosować w mechanizmach zegarowych dlatego, że ciężar kół i wielkość przenoszona siła są stosunkowo nieduże, nie zachodzi więc obawa zatarcia lub szybkiego wypracowania się łożysk pomimo bardzo małej powierzchni zetknięcia. Łożyska kwadratowe stosowane są w mechanice już od dawna.



Rys. 63. Kwadratowe łożyska stosowane w mech. zegarów wieżowych



Rys. 64. Przekrój łożyska kulkowego

W nowszych czasach coraz częściej zdarza się, że w zegarach wieżowych stosowane są łożyska kulkowe (rys. 64), zamiast ślizgowych łożysk mosiężnych. Wyobraźmy sobie jakby to rower pracował na ślizgowych łożyskach, a jak pracuje na kulkowych. Łożyska kulkowe bardzo wydatnie zmniejszają tarcie, a przy tym odznaczają się dużą trwałością.

Pierścień wewnętrzny łożyska włączamy na obracający się czop, a pierścień zewnętrzny pasujemy przeważnie suwliwie w odpowiedniej obsadzie. W ten sposób przy obrocie osi nie wyciera się czop, jak to ma miejsce w łożysku ślizgowym, lecz elementy pośredniczące, toczne, a więc kulki lub wałeczki. Między kulką a bieżnią po obydwu stronach kulki są małe luzy, które na rys. 64 nie są zaznaczone.

Ponieważ na tarcie toczne (tarcie toczących się kulek lub rolek) zużywa się tylko około $1/5$ część energii zużywanej przy tarcu suwnym, dlatego przy zastosowaniu łożysk kulkowych strata energii na tarcie będzie 5 razy mniejsza niż przy użyciu łożysk ślizgowych.

W lepszych zegarach wieżowych prawie wszystkie czopy są na łożyskach kulkowych dzięki czemu funkcjonowanie zegara znacznie są poprawia, a do napędu potrzebna jest mniejsza siła. Oczywiście, wytwórcy zegarów nie powinni stosować wybrakowanych łożysk, jak to się nieraz zdarza, gdyż takie łożyska mają za dużo luzu, albo też „zacinają się” podczas pracy.

W niepokalanowskim zegarze wieżowym zastosowano łożyska kulkowe we wszystkich prawie miejscach trących, nie wyłączając wielokrążków, dźwigni bicia i ułożyskowania wskazówek.

W większości istniejących zegarów wieżowych można zastosować odpowiednie oliwiarki (rys. 62). Ułatwia to nie tylko oliwienie zegara, ale także pozwala na przedłużenie odstępów czasu między jednym a drugim czyszczeniem. W starszych zegarach można zauważyć, że przez zwykłe otwory do oliwienia kurz wciska się bezpośrednio do łożysk. Naturalnie, i przy takich, zwykłych otworach mogą być zastosowane odsuwane nakrywki jako ochrony. Stosowane są również ruchome pochewki na końcu czopów, po ich odjęciu oliwi się czopy przez skośne wywiercone otwory w łożyskach. Urządzenie takie zabezpiecza przed zakurzeniem i rozkładaniem się oliwy. W łożyskach kulkowych stosuje się filcowe uszczelnienia, gdyż łożyska te są bardzo czułe na zanieczyszczenia.

E. PĘDNIA

1. Ogólnie

Pędnia (transmisja) zegara wieżowego tworzy połączenie między mechanizmem chodu a przekładnią wskazań. Sposób przeprowadzenia pędni widzimy na rys. 18 nr 4 i 5. Urządzenie i długość pędni zależne są od miejscowych warunków oraz ilości i położenia tarcz. Już podczas projektowania zegara wieżowego należy te okoliczności mieć na uwadze, gdyż wpływają one znacznie na koszt wykonania.

Jeżeli mechanizm chodu znajduje się na tej samej wysokości, co i przekładnia wskazań, to sprawa jest zupełnie prosta, gdyż obydwie mechanizmy łączy się stosunkowo krótkimi wałkami. Jeśli natomiast mechanizm chodu znajduje się niżej niż przekładnia wskazań, wówczas część pędni jest zwykle pionowa, a część znajdująca się przy przekładni wskazań — pozioma.

Zdarza się czasem, że mechanizm chodu znajduje się niżej tarczy, jednak przy tej samej ścianie, na której umieszczona jest tarcza zegara. W takim razie wystarcza pędnia pionowa, napędzająca przekładnię wskazań przy pomocy kół stożkowych.

W wypadku umieszczenia przekładni wskazań nad dzwonami, pionową część pędni należy przeprowadzić nie środkiem, lecz obok rusztowania dzwonowego. Mogą także zachodzić trudności jeszcze wtedy, gdy przekładnie wskazań są na tej samej wysokości, co i dzwon. Rzecz jasna, że w takim wypadku pędnia musi być prowadzona naokoło wnętrza wieży, przy murze, wskutek czego wymaga większej ilości połączeń kołami stożkowymi.

Podłogi w wieżach, na których jest zegar, powinny być oddalone od siebie najwyżej o 4 m, ze względu na należyte ułożenie pędni. Ważna zwłaszcza jest podłoga umieszczona nieco niżej od środka tarczy, na której umocowane są rozchodzące się poziome części pędni. Podłoga ta ułatwia również czyszczenie i oliwienie pędni podczas chodu zegara.

Jeżeli na jakiejś wieży mamy umieścić kilka tarcz na jednym poziomie (zwykle cztery), należy przy budowie zwrócić uwagę, aby miejsce to było wolne od belek i konstrukcji dachowych, gdyż właśnie na wysokości środków tarcz muszą się znajdować urządzenia rozrządowe.

Na ogół pędnia zegara wieżowego składa się z wałków, przegubów, sprzęgieł widełkowych, łożysk i zespołów zębatach kół stożkowych, zwanych rozrządem.

2. Wałki

Wałki pędni zegara wieżowego wykonują zwykle jeden obrót na godzinę. Średnica tych wałków zależy od wielkości i ciężaru wskazówek. Jeżeli wałki są za cienkie, to wskazówki nie obracają się równo, lecz najpierw się zatrzymują, a gdy naprężenie w pędni się zwiększa, to przeskakują od razu o kilka minut naprzód. Natomiast za grube wałki powodują zbytne tarcie i niepotrzebne obciążenie.

Można stosować średnice wałków pędni według następującej tabelki:

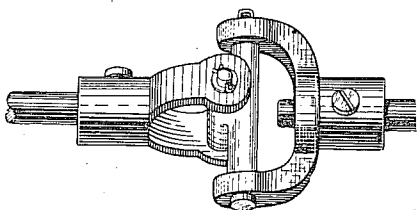
Średnica tarczy zeg. m	1		1,5		2		3	
Długość pędni m	15	30	15	30	15	30	15	30
Średnica wałka pędni mm	6	7,5	9	11	12	15	18	23

W celu zmniejszenia ciężaru pędni, zamiast masywnych wałków, stosuje się czasem stalowe rurki bez szwów. Rurki takie łączą się za pomocą tulei i kołków.

Wałki lub rurki powinny być dokładnie wyrównane i wyprostowane. Końce ich łączone są przegubami lub sprzęgłami widełkowymi, zależnie od tego czy łączą się nawzajem ze sobą, czy z mechanizmem chodu, czy też z przekładnią wskazań.

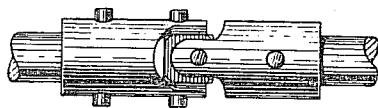
3. Przeguby

Gdy pędnia ma ominąć jakąś przeszkodę lub zmienić kierunek, wówczas wałki pędni muszą tworzyć linię łamaną. W miejscu połączenia dwóch takich wałków stosujemy sprzęgło przegubowe Cardana, które nazywamy *przegubem*.



Rys. 65.

Przeguby



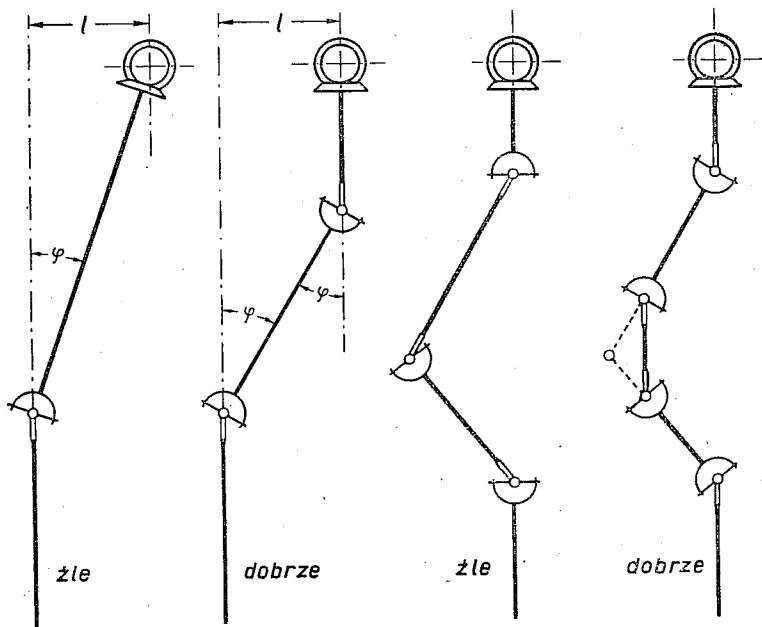
Rys. 66.

Na rys. 65 przedstawiony jest jeden z przegubów stosowanych w zegarach wieżowych. Zamiast skrzyżowanych tulejek łączeniowych można także zastosować pierścień z czterema otworami na obwodzie, do połączenia z ramionami przegubu. W tym wypadku zamiast dwóch, trzeba będzie użyć czterech krótkich sworzni albo śrub z nakrętkami.

Natomiast na rys. 66 widzimy inny rodzaj przegubu. Można go łatwo wykonać z kawałków rurki o grubych ściankach. W środku umieszczona jest sześcioboczna kostka z przewierconymi otworami i zaokrąglonymi krawędziami. Połączenie przegubowe końców rurek z kostką najprościej możemy uzyskać za pomocą kołków. Także do umocowania przegubu na wałkach można zastosować kołki.

Sposób łączenia przegubów może być różny, jednak działanie jego polega zawsze na tej samej zasadzie. Środkowa część prze-

gubu (skrzyżowanie sworzni) wykonuje podczas pracy ruch kołowy dookoła punktu przecięcia osi wałków, przyjmując co ćwierć obrotu wałków położenie prostopadłe kolejno to do jednego, to do drugiego. Szybkość kątowna drugiego wałka nie jest tu stała. Stosunek tych szybkości jest dwa razy podczas jednego obrotu największy i dwa razy najmniejszy (co ćwierć obrotu).



Rys. 67.

Rys. 68.

Rys. 69.

Rys. 70.

Przykłady niewłaściwego i właściwego zastosowania przegubów

Zmiany te zależą od wielkości kąta odchylenia między osiami wałków, oznaczonego na rys. 67 literą φ . Jeżeli kąt ten jest mały, np. do 5° , to stosunek szybkości kątownej wałków zmienia się jeszcze bardzo nieznacznie. Gdy zaś kąt ten ma 30° , to na tarczy zegara błędy będą wynosić mniej więcej $1/3$ minuty. Natomiast gdy kąt φ jest większy niż 30° , to błędy te są już znacznie większe.

Gdyby więc pędnia przeprowadzona została w ten sposób, jak na rys. 67, to we wskazaniach czasu byłyby znaczne różnice w obrębie każdej godziny. Należy więc unikać takiego sposobu łączenia pędni chyba że kąt φ byłby nie większy niż 5° .

Można otrzymać jednakowe szybkości kątowe dwóch wałków nawet i przy dużym kącie φ , przez wprowadzenie jeszcze jednego wałka i zastosowanie dwóch przegubów, w ten sposób jak to widzimy na rys. 68. Oba wałki muszą z wałkiem pośrednim tworzyć równe kąty φ , a ramiona (kabłąki) przegubów na wałku pośrednim powinny się znajdować w jednej płaszczyźnie. W ten sposób szybkości kątowe wałków są wyrównane.

Na rys. 69 widzimy inny przykład niewłaściwego rozmieszczenia przegubów, na skutek czego błędy we wskazaniach czasu mogą być bardzo duże. Po pierwsze dlatego, że kąty między dwoma sąsiednimi wałkami są niejednakowe, a po drugie, że ramiona przegubów, umieszczonych na tym samym wałku, nie znajdują się w jednej płaszczyźnie. Stąd też błędy znacznie się zwiększają.

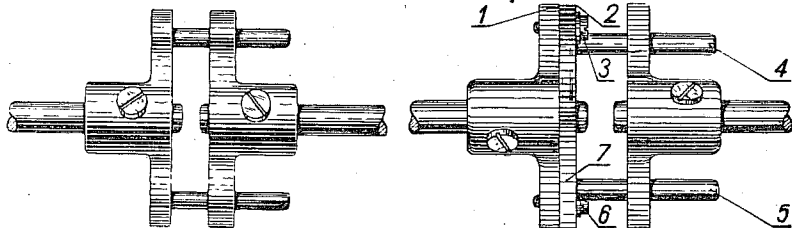
Natomiast rys. 70 przedstawia ten sam przykład, poprawiony przez wprowadzenie jeszcze jednego wałka. W całym układzie jest tu parzysta ilość przegubów, przy czym każda para łączy dwa wałki równoległe z jednym skośnym znajdującym się między nimi. Są tu więc dwa komplety takich połączeń jakie podane jest na rys. 68. Wobec tego szybkości kątowe wałków równoległych będą jednakowe, oczywiście tylko wtedy, gdy ramiona przegubów ustawione są tak, jak na rys. 68 i 70.

W innych przypadkach, gdzie pędnia musiałaby się załamywać jeszcze większą ilość razy niż w przytoczonych przykładach, można łączyć kilka takich zespołów według przykładu pokazanego na rys. 68. Należy jednak unikać zbyt ostrych załamań. Gdzie zaś chodzi o skierowanie pędni o większy kąt niż 30° , lepiej jest zastosować stożkowe koła zębate.

4. Sprzęgła widelkowe

Sprzęgło widelkowe (rys. 71) służy do kompensacji wydłużania się wałków pod wpływem ciepła. Stosuje się go zawsze między dwoma łożyskami oporowymi, nie zezwalającymi na przesuw wzdłużny wałków. Sprzęgło widelkowe nie może jednak spełniać roli przegubu; przeciwnie, należy zwrócić uwagę, aby obydwie części pędni, połączone sprzęgłami widelkowymi, biegły w kierunku prostym. Zęby (kolki) sprzęgła widelkowego winny przesuwac się w otworach drugiej części z małym luzem, bez zakleszczania się i oporu.

Tam, gdzie bliska odległość dwóch przegubów uniemożliwiłaby zastosowanie zwykłego sprzęgła widelkowego, stosuje się przegub ze sprzęgłem widelkowym. To połączenie różni się tym od zwykłego sprzęgła widelkowego, że jedna jego część stanowi nierozłączną całość z przegubem.



Rys. 71. Sprzęgło widelkowe

Rys. 72. Sprzęgło widelkowe nastawne

Sprzęgło widelkowe nastawne (rys. 72) służy do tego samego celu co zwykle sprzęgło widelkowe. Można nim doregulować obydwie części wałka tak, żeby wskazówki na tarczy zegarowego wskazywały ten sam czas, co wskazówki na tarczy kontrolnej przy mechanizmie chodu. Można by, co prawda, taką samą manipulację przeprowadzić zwykłym sprzęgłem widelkowym lub przegubem, luzując jedną z widocznych na rys. 71 wkrętek ustalających, i po doregulowaniu zakręcając je z powrotem. Jest to

jednak uciążliwe i dosyć trudne do wykonania tym więcej, że często zamiast wkrętek stosowane są tu kołki ustalające. Natomiast sprzęgłem widelkowym nastawnym mamy możliwość przeprowadzenia regulacji z minutową dokładnością dzięki dodatkowej okrągłej płytce nastawnej 7 z dwoma podłużnymi otworami, przez które przechodzą wkrętki 3 i 6. W płytce tej osadzone są na stałe trzpienie 4 i 5, o średnicy nie większej niż grubość płytki 7. Ma ona na obwodzie w odstępach minutowych znaki 2, które uzgadnia się ze znakiem 1. Dlatego sprzęgło widelkowe nastawne najczęściej bywa wmontowane między rozrzędem a przekładnią wskazań.

5. Rozrządy

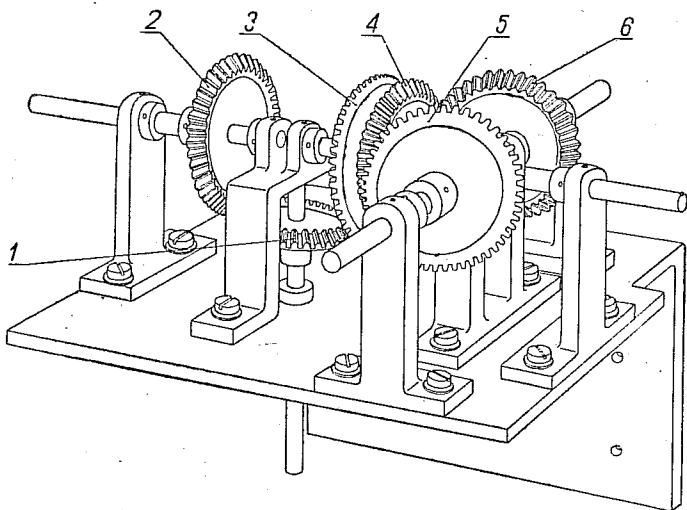
Do napędu dwóch lub więcej przekładni wskazań umieszczonych przy tarczach na jednakowej wysokości, stosuje się wałki rozchodzące się od pionowej części pędni do każdej z tych przekładni. Napędzanie tych wałków w miejscu rozgałęzienia odbywa się za pomocą stożkowych kół zębatach, czyli *rozrządu*. Jeżeli są cztery tarcze, to wystarczy wówczas jeden wałek pionowy do rozrządu i cztery wałki poziome prowadzące od rozrządu do przekładni wskazań. Na rys. 73 widzimy przykład takiego rozrządu, składającego się z sześciu stożkowych kół zębatach jednakowej wielkości. Koła stożkowe 1, 2, 3, tworzą jeden zespół wzajemnie się zazębiający, a 4, 5, 6 — drugi zespół.

Gdy mechanizm chodu umieszczony jest tuż obok ściany wieży, pionowa część pędni może być przeprowadzona po ścianie. Jeśli w tym przypadku mamy do uruchomienia cztery przekładnie wskazań, wówczas możemy rozrząd podzielić niejako na dwie części. Na końcu wałka pionowego zastosować przy murze przekładnię z trzech kół stożkowych 1, 2, 3 (rys. 73), a w środku wieży drugą przekładnię składającą się również z trzech kół 4, 5, 6.

U niektórych zegarów rozrząd do czterech tarcz składa się nie z sześciu, lecz z pięciu kół zębatach jednakowej wielkości.

Wówczas muszą one pracować w ten sposób, że części pędni prowadzące do tarcz ułożone są nieco ukośnie w dół, aby boczne koła nie przeszkadzały sobie wzajemnie.

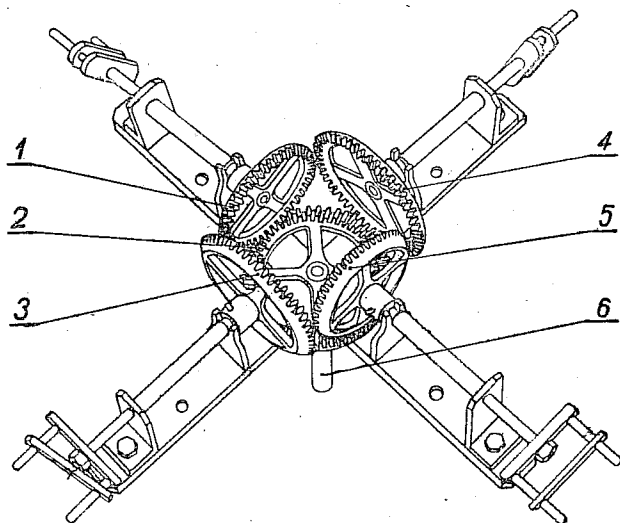
Należy tu zaznaczyć, że takie przechylenie zwykłych kół stożkowych wpływałoby ujemnie na ich zazębianie, zwłaszcza wte-



Rys. 73. Rozrząd do czterech tarcz zegara składający się z sześciu kół

dy, gdy wieńce tych kół byłyby dość szerokie. W tym wypadku stosuje się koła wykonywane jako koła dla wałków przecinających się pod kątem ostrym. Niektóre wytwórnie wykonują do rozrządów takie koła zębate, które mogą pracować jako koła stożkowe, nachylone pod dowolnym kątem, a nawet jako koła czołowe. Przy zastosowaniu takich kół, wałki prowadzące do tarcz, można dowolnie nachylać. Komplikuje to jednak nieco konstrukcję, gdyż między wałkiem rozrządu umieszczonym pod kątem, a wałkiem tarczy zegara, który musi być poziomy, nale-

ży zastosować przegub. W ten sposób urządzony rozrząd znajduje się na wieży kościoła św. Marcina w Poznaniu.



Rys. 74. Rozrząd do czterech tarcz składający się z pięciu kół

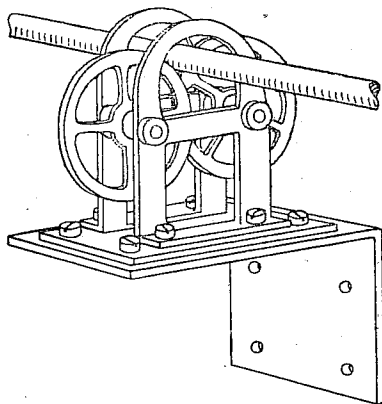
Sprawa rozrządu o pięciu kołach zębatych bywa rozwiązana jeszcze w inny sposób. Przykład takiego rozrządu widzimy na rys. 74. Wałki do czterech tarcz przeprowadzone są tu poziomo, a na końcu wałka pionowego 6 umieszczone jest poziomo stożkowe koło zębate 2 o podwójnej szerokości wieńca. Przeciwnie koła 3 i 4, osadzone są na poziomych częściach pędni, zazębiają się z kołem 2 na zewnętrznej części wieńca. Koła zaś 1 i 5 są mniejsze, lecz mają tę samą ilość zębów, dlatego zazębiają się z kołem stożkowym 2 bliżej jego osi. Dzięki takiemu zestawieniu i jednakowej ilości zębów u wszystkich kół, obracają się one z jednakową szybkością nie przeszkadzając sobie wzajemnie.

6. Ułożyskowanie

Sprawność pędni oraz dokładność wskazań czasu na poszczególnych tarczach zegara zależą również od właściwego i dokładnego ułożyskowania poszczególnych wałków pędni.

W mniejszych urządzeniach zegarowych wałki pędni obracają się w ślizgowych łożyskach metalowych. Przy wałkach poziomych stosuje się te łożyska mniej więcej co 2 metry, a przy pionowych — co 4. Przede wszystkim jednak łożyska muszą być stosowane jak najbliżej przegubów, sprzęgieł widelkowych itp. połączeń obciążających wałki.

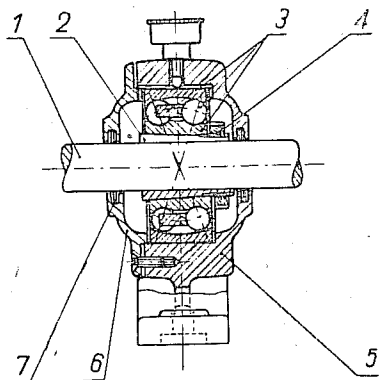
Dawniej, gdy nie było jeszcze łożysk kulkowych czy rolkowych, stosowano przy wałkach poziomych, a zwłaszcza o większej średnicy, łożyska krążkowe, widoczne na rys. 75, których krążki osadzone były na cienkich, lekko obracających się czołkach. Łożyska krążkowe były jednak mniej praktyczne i znacznie droższe.



Rys. 75. Łożysko krążkowe podtrzymujące poziome wałki pędni

Do pionowych wałków stosuje się łożyska oporowe (wzdłużne, czołowe) ślizgowe, albo też kulkowe, w których obracają się końce danych wałków. Łożysko kulkowe stosuje się zwykle bezpośrednio pod przegubem, a najczęściej pod poziomym kołem stożkowym rozrządu.

Najlepsze jednak ułożyskowanie pędni jest na łożyskach kulkowych, zastosowanych we wszystkich potrzebnych miejscach. Wprawdzie koszt takiego ułożyskowania jest stosunkowo duży, ale zapewnia się przez to długotrwałość pędni i należyte jej działanie. Ze względu na to, że trudne jest ustawienie wsporników łożysk w ten sposób, aby ich otwory były dokładnie współosiowe, zaleca się stosować promieniowe łożyska kulkowe — wahliwe dwurzędowe (rys. 76). Ponadto te łożyska mają zaletę, że równocześnie zastępują łożyska oporowe. Celem uniknięcia wykonywania dokładnych średnic na wałkach, w miejscach gdzie mają być osadzone łożyska kulkowe, zaleca się stosować łożyska osadzone na tulejach rozprężnych. Przy tych łożyskach można stosować wałki ze zwykłych ciągnionych prętów.



Rys. 76. Ułożyskowanie pędni na dwurzędowych wahliwych łożyskach kulkowych

Umieszczanie łożysk na wałkach nie sprawia wiele trudności. Na wałku 1 osadzamy tuleję rozprężną 2. Tuleja ta w cieńszym końcu jest nagwintowana. Po włożeniu łożyska 3 dokręcamy je nakrętką 4, wskutek czego zaciska się na wałku także i tuleję rozprężną 2. Pokrywa 6 przykręcona jest do osłony 5 kilku wkrętami.

Celem zapewnienia dobrej pracy łożyskom kulkowym, chroni się je dokładnie od kurzu, najlepiej za pomocą pierścieni filcowych 7.

Niektóre części pędni należy zabezpieczyć specjalnymi ochronami przed kurzem czy też ewentualnym zabrudzeniem przez ptaki. Rozrządy przykrywa się zwykle blaszanymi pudełkami, a wałki poziome — drewnianymi rynienkami.

Celem uchronienia pędni i cięgien od uszkodzeń należy poszczególne ich części zaopatrzyć ochraniaczami, zwłaszcza tam gdzie przechodzą one obok schodów i przejść. Ochraniacze te powinny być tak urządzone, żeby w czasie oliwienia był łatwy dostęp do łożysk pędni.

Jeżeli się zdarzy, że pionowy wałek pędni musi być wyprowadzony ponad dach, to celem zapobieżenia przenikaniu wody do wnętrza, należy go zaopatrzyć nad dachem w lejkowatą ochronę.

F. PRZEKŁADNIA WSKAZAŃ

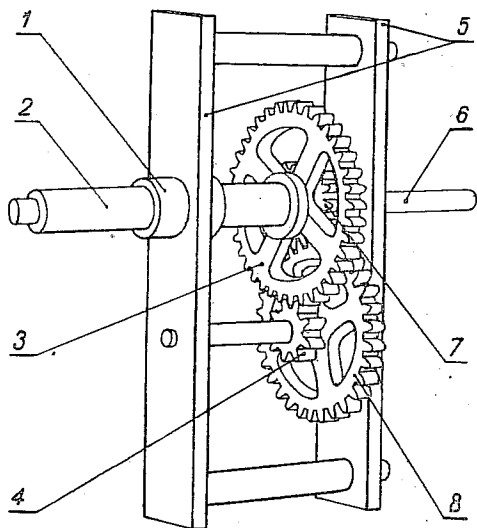
1. Części składowe i działanie

Pędnia wykonuje zwykle jeden obrót na godzinę, może więc wprawiać w ruch wskazówkę minutową. Natomiast w celu uruchomienia wskazówki godzinowej u zegarów wieżowych, podobnie jak i w innych zegarach, stosuje się *przekładnię wskazań*.

Wskazówka godzinowa, obracająca się współśrodkowo ze wskazówką minutową, robi jeden obrót, a minutowa w tym czasie obróci się 12 razy. Więc przekładnia wskazań ma za zadanie zmniejszyć obroty pędni w stosunku 1 : 12 dla wskazówki godzinowej, a jednocześnie umożliwić założenie i dokładne funkcjonowanie wskazówki minutowej. W tym celu przekładnia wskazań składa się z kilku części, z których najważniejsze są dwie pary walcowych kół zębatach.

Na rys. 77 widzimy przekładnię wskazań stosowaną do mniejszych zegarów wieżowych. Czwierтник 7, osadzony na stałe na osi wskazówki minutowej 6, napędza koło zmianowe 8, które osadzone jest razem z zębnikiem zmianowym 4 na jednej osi.

Zębnik ten napędza z kolei koło godzinowe 3 wraz z tuleją 2, na której osadza się wskazówkę godzinową. Obydwie osie osadzone są w dwóch płaskownikach 5 i bezpośrednio w nich ułożyskowane w wywierconych otworach łożyskowych. Tuleja godzinowa 2 w większych przekładniach ma dłuższe łożysko 1 umocowane w jednym płaskowniku. Niektóre przekładnie mają wprawiane łożyska brązowe lub mosiężne. Natomiast w lepszych zegarach są tu również zastosowane łożyska kulkowe.



Rys. 77. Przekładnia wskazań zegara wieżowego

Konstrukcja przekładni wskazań w zegarach wieżowych zasadniczo jest taka sama jak w zegarach lub zegarkach. Różnią się one jednak wielkością oraz sposobem umieszczenia. Oprócz tego ćwiertnik nie ma tulejki jak u zegarków, lecz jest tylko zębnikiem, jak zwykle w budzikach. Główniejszą różnicą jest to, że zęby w kołach są inaczej rozłożone oraz że jest ich nieco więcej aniżeli w zegarach lub zegarkach.

W przekładniach wskazań zegarów wieżowych stosuje się zazębianie ewolwentowe.

2. Przełożenia przekładni wskazań

Łączny stosunek między ćwiertnikiem a kołem godzinowym, dla tarcz dwunastogodzinnych, które powszechnie są stosowane, wynosi 1 : 12. Ze względu na ten sam kierunek obrotu wskazówki minutowej i godzinowej, stosunek ten musi być rozłożony między dwie pary kół zębatych.

Między ćwiertnikiem a kołem zmianowym i między zębni-kiem zmianowym a kołem godzinowym, w przekładni wskazań zegarów wieżowych, najczęściej przyjmujemy następujące sto-sunki: (1 : 3) · (1 : 4) oraz (1 : 1) · (1 : 12); natomiast bardzo rzadko: (1 : 2) · (1 : 6). Oczywiście, ilość zębów przy tych sto-sunkach może być dowolna. Należy jednak unikać, o ile to mo-żliwe, stosowania zębni-ków o zbyt małej ilości zębów.

W praktyce najwygodniejszy okazuje się ten pierwszy przy-kład, gdyż przy stosunkowo niedużych rozmiarach przekładni spełnia wspomniane wyżej wymagania.

Dobierając na przykład ćwiertnik o 15 zębach przy stosunku 1 : 3, koło zmianowe musi mieć 45 zębów. Przyjmując moduł 3 obliczamy średnice podziałowe ćwiertnika i koła zmianowego według wzoru

$$\begin{aligned}d_p &= m \cdot z = 3 \cdot 15 = 45 \text{ mm} \\ &3 \cdot 45 = 135 \text{ mm}\end{aligned}$$

Średnica podziałowa ćwiertnika wynosi 45 mm, a średnica podziałowa koła zmianowego — 135 mm. Stąd odległość a osi będzie:

$$a = (45 + 135) : 2 = 90 \text{ mm}$$

Mając już odległość osi 90 mm musimy obliczyć zębni-kiem zmianowy i koło godzinowe o stosunku 1 : 4. Jeżeli więc od-ległość osi podzielimy przez sumę liczb, którymi wyrażony jest

ten stosunek ($4 + 1 = 5$), to otrzymamy promień podziałowy zębniaka zmianowego.

$$r_p = 90 : 5 = 18 \text{ mm}$$

Średnica podziałowa zębniaka zmianowego będzie:

$$d_p = 18 \cdot 2 = 36 \text{ mm}$$

Przy tym samym module $m = 3$, ilość zębów zębniaka zmianowego obliczymy ze wzoru:

$$z = \frac{d_p}{m} = \frac{36}{3} = 12 \text{ zębów } ^1)$$

Natomiast ilość zębów koła godzinowego musi być 4 razy większa, czyli:

$$12 : 4 = 48 \text{ zębów}$$

Reasumując wyniki naszych obliczeń możemy stwierdzić, że przy niezbyt dużej odległości osi, bo wynoszącej tylko 90 mm, otrzymaliśmy wystarczające ilości zębów tak w ćwiertniku jak i w zębniaku zmianowym, a mianowicie:

ćwiertnik	— 15 zębów	} stosunek 1 : 3
koło zmianowe	— 45 zębów	
zębniak zmianowy	— 12 zębów	} stosunek 1 : 4
koło godzinowe	— 48 zębów	

Podobnie możemy obliczyć przekładnię wskazań zegara wieżowego przyjmując inne stosunki średnic kół i zębniaków, przy czym ilości zębów będą oczywiście inne, a wskutek tego zmieniają się (zwiększą) wymiary całej przekładni.

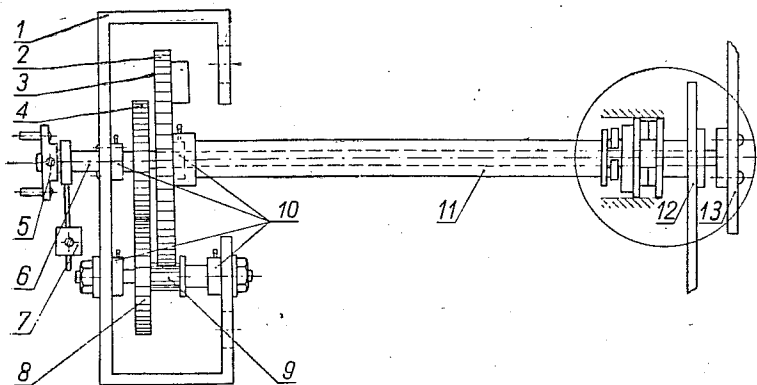
¹⁾ Ponieważ przy kącie przyporu $\alpha = 20^\circ$ praktyczna graniczna ilość zębów jest 14, dlatego aby uniknąć podcięcia zębów należałoby dla 12 zębów dobrać kąt przyporu $\alpha = 22^\circ 30'$, albo skorygować zęby.

3. Ułożyskowanie i montowanie

Wytrzymałość przekładni wskazań, a zwłaszcza osi minutowej, uzależniona jest od oporu, jaki musi pokonać. Na podstawie doświadczenia średnicę osi minutowej, tak samo jak i średnicę wałków pędni, przyjmuje się zależnie od średnicy tarczy zegara. Dlatego oś minutowa nie powinna być cieńsza od wałków pędni. Tabelkę średnic tych wałków podaliśmy w rozdziale o pędni.

Jeżeli tarcza zegara ma średnicę ponad 3 m, wówczas oś minutowa i tuleja godzinowa muszą być odpowiednio grubsze i dłuższe, ze względu na większy ciężar wskazówek.

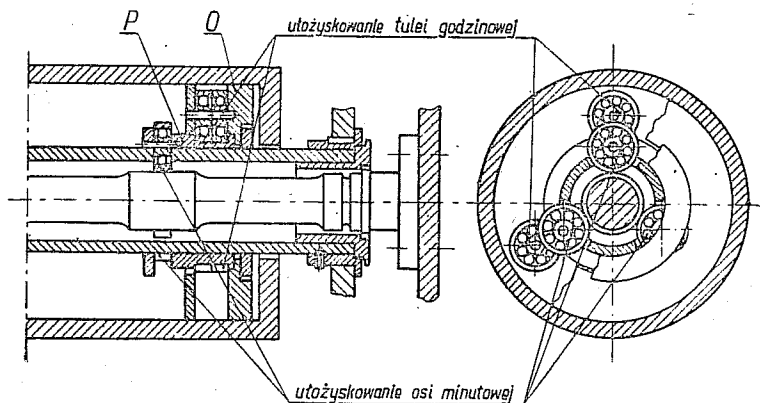
Oś minutowa ma do pokonania w tulei godzinowej znaczne tarcie, zwłaszcza wtedy, gdy od zewnątrz nie ma należytej osłony od deszczu i śniegu, a oliwienie jest utrudnione. W takim wypadku stosuje się w tulei godzinowej brązowe pierścienie łożyskowe, albo łożyska rolkowe lub kulkowe.



Rys. 78. Przekładnia wskazań na łożyskach kulkowych

W niepokalanowskim zegarze już przy dwumetrowych tarczach zastosowaliśmy w przekładni wskazań łożyska kulkowe. Przekładnia ta uwidocznioma jest na rys. 78. Ćwiertnik 4, koło

zmianowe 8 i koło godzinowe 2 odlane są z brązu. Zębnik zmianowy 9 jest palcowy. Ma on tylko 6 zębów, zaś koło godzinowe— 72 zęby. Natomiast ćwiertnik i koło zmianowe mają po 42 zęby. A więc poszczególne stosunki wynoszą $(1 : 1) \cdot (1 : 12)$.



Rys. 79. Szczegół łożyskowania wskazówek (w przekroju)

W ramie 1, przytwierdzonej do muru, umieszczone są trzy łożyska kulkowe 10; czwarte łożysko znajduje się w piaście koła godzinowego 2, które osadzone jest na stałe na tulei godzinowej 11. Oś wskazówki minutowej 6 łączy się z pędną za pomocą sprzęgła widelkowego 5.

Charakterystyczne chociaż dość skomplikowane jest łożyskowanie tulei godzinowej 11, i osi minutowej 6 w pobliżu wskazówek 12 i 13. Szczegół ten, znajdujący się na rys. 78 w kole, przedstawiony jest w przekroju na rys. 79. Sześć małych łożysk kulkowych, które pokazane są także w rzucie bocznym, umieszczone są w nieruchomej oprawie O. Po zewnętrznych pierścieniach tych łożysk toczy się pierścień P umocowany na tulei godzinowej. W ten sposób do obrotu dość ciężkich, ale zrównoważonych wskazówek, nie potrzeba wielkiej siły oraz stosowania dużych i droższych łożysk.

Mimo że wskazówki mają dość ciężkie przeciwwagi, to jednak w każdej przekładni wskazań należy umieścić odpowiednie ciężarki służące do dokładnego zrównoważenia wskazówek. Jeden z nich 7 (rys. 78) umocowuje się suwliwie na ramieniu osadzo-
nym na osi minutowej, a drugi — na tulei godzinowej, albo na ramieniu koła godzinowego 3 (rys. 78). Ciężarki te nazywane są *przeciwwagami*.

Po zamocowaniu wskazówek i przeciwwag, przekładnia wska-
zań powinna się łatwo obracać nawet po lekkim poruszeniu. Jeżeli wyczuwa się choćby tylko nieznaczne opory, muszą one być odszukane i usunięte, aby uniknąć niepotrzebnych tarć i straty energii.

Jeżeli w tym miejscu wieży, gdzie ma być umieszczona tar-
cza, jest za mały otwór w murze a nie można go powiększyć, to przekładnia wskazań musi być umieszczona na konstrukcji żelaznej wewnątrz wieży, w blaszanym pudełku ochronnym. W takim wypadku oś minutowa i tuleja godzinowa muszą być dłuższe, jak to widzimy na rys. 18 pod 7. Natomiast pod 6 na tym samym rysunku przekładnia wskazań przykręcona jest bez-
pośrednio do tarczy, gdyż otwór w murze jest tu na tyle wy-
starczający. W tym przypadku oś minutowa i tuleja godzinowa są znacznie krótsze.

Przy montowaniu przekładni wskazań szczególną uwagę nale-
ży zwrócić na prawidłowe zazębienie się kół i zębników. Osiągnie się to przez dokładne ustawienie osi, zachowując teoretyczne ich odległości.

Ażeby umożliwić amortyzację ewentualnych niedokładności montażu lepiej jest, gdy tuleja godzinowa połączona jest z pia-
stą koła godzinowego za pomocą zabieraka. Natomiast oś minu-
towa może być połączona z wałkiem pędni za pomocą przegubu lub sprzęgła widelkowego. Blaszana pokrywę ochronnego pu-
dełka przekładni wskazań dobrze jest umocować na zawiasach, ażeby miejsca tarcia w przekładni można było swobodnie oliwić.

G. URZĄDZENIA NASTAWCZE

1. Rodzaje

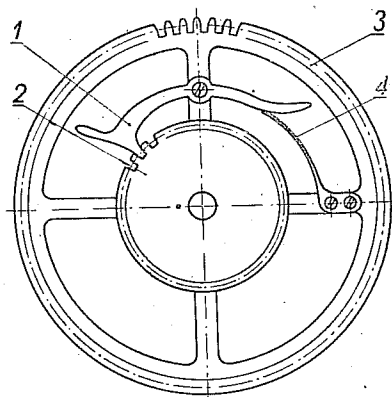
Wskaźówki zegara wieżowego połączone są z mechanizmem chodu nie przez tarcie, jak to ma miejsce w zegarkach noszonych i zegarach, lecz za pośrednictwem sztywnego połączenia, tj. pędni. Ten sposób połączenia stosuje się dlatego, że tarcze zegarów wieżowych są zwykle bez osłon, więc silne wiatry, a nawet ptaki siadające także i na wskaźówkach mogłyby je przesuwąć.

Żeby jednak w czasie nastawiania zegara można było wskaźówki dowolnie posuwać, w tym celu, w pewnym miejscu pędni, najczęściej przy samym mechanizmie, wmontowane jest urządzenie nastawcze. Działanie tego urządzenia polega na umożliwieniu szybkiego rozłączenia pędni z mechanizmem chodu, w celu obrócenia jej o potrzebną część obrotu oraz uzyskania z powrotem niezawodnego połączenia pędni z mechanizmem.

W niektórych zegarach wieżowych, szczególnie starszych, urządzenie nastawcze jest bardzo prymitywne. Na tym końcu osi napędowej, który połączony jest z pędnią, osadzone jest, po zewnętrznej stronie koła napędowego, zapadkowe koło nastawcze zwykle z jedną zapadką, która służy do napędzania pędni. Dlatego, chcąc posunąć wskaźówki, należy obracać pędnię tylko w kierunku ruchu wskaźówek. Zapadka taka musi być dociśnięta odpowiednio silną sprężyną.

Lepsze urządzenie nastawcze przedstawione jest na rys. 80. Koło nastawcze 2 o zębach prostych, zaopatrzone jest w specjalną zapadkę 1, przymocowaną do ramienia koła napędowego 3, a dociskaną sprężyną 4. W tym przypadku bęben, koło zapadkowe i koło napędowe 3 obracają się na osi luźno, a tylko koło

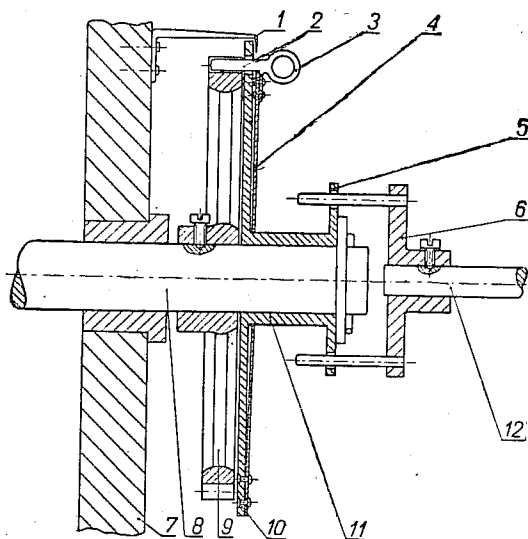
nastawcze 2 osadzone jest na tej samej osi na stałe. Przy pomocy tego urządzenia wskazówki można posuwać w obydwu kierunkach, lecz przedtem trzeba odchylić zapadkę. Nie ma więc obawy, aby ktoś niewtajemniczony mógł wskazówki przesunąć. Koło nastawcze tego urządzenia ma zwykle 60 zębów, aby wskazówki ustawiły się na tarczy na pełnych minutach.



Rys. 80. Urządzenie nastawcze

W niepokalanowskim zegarze wieżowym zastosowane jest nieco inne urządzenie nastawcze, uwidocznione na rys. 81. Na końcu osi napędowej 8 wystającej poza bok szkieletu 7, osadzone jest na stałe koło nastawcze 9, mające 60 zębów. Tuż przy tym kole znajduje się tarcza kontrolna 10, stanowiąca całość z tuleją 11, osadzoną obrotowo na osi 8. Na tej tarczy przymocowana jest płaska sprężyna 4, a na jej końcu znajduje się ucho 3, zaopatrzone w dwa zęby 2, przechodzące do wrębów koła nastawczego 9. Do kołnierza tulei 11 przymocowana jest mniejsza tarczka 5, mająca dwa otwory, służące do uzyskania połączenia z pędną 12, za pośrednictwem zębów (kołków) sprzęgła widełkowego 6. Tarcza kontrolna 10 ma na brzegu podziałkę z cyframi minut, nad którymi umieszczona jest wskazówka 1, przymocowana na stałe do szkieletu.

Jeżeli chcemy przesunąć wskazówki zegara, wówczas odciągamy ucho 3, którego zęby wyłączają się z koła nastawczego, i przesuwamy tarczę kontrolną wraz ze sprzęgłem widełkowym i pędnia o potrzebną ilość zębów, czyli nastawiamy kreskę tarczy kontrolnej danej minuty na wprost wskazówki kontrolnej 1. Po czym zwalniając sprężynę włączamy z powrotem zęby ucha we wręby koła nastawczego.

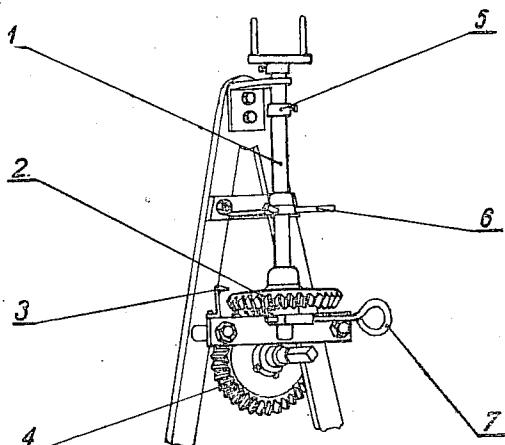


Rys. 81. Urządzenie nastawcze zegara wieżowego w Niepokalanowie

W zegarach, których pędnia od mechanizmu idzie bezpośrednio w górę, rolę urządzenia nastawczego mogą spełniać koła stożkowe. Ten sposób urządzenia widzimy na rys. 82. Na końcu osi napędowej lub osi minutowej osadzone jest koło stożkowe 4 zazębiające się z kołem stożkowym 2. Na powierzchni tego koła znajduje się podziałka minutowa, odpowiadająca podziałce tarczy zegarowej. Z boku przymocowana jest nieruchomo wskazówka 3.

Gdy chcemy przesunąć wskazówki na tarczach, podnosimy koło 2, osadzone przesuwnie na wałku pędni 1, obracamy pędnię za rączki 6 o potrzebną ilość zębów i łączymy koła z powrotem.

W niektórych mechanizmach koło 2 osadzone jest na wałku na stałe. Wobec tego podczas nastawiania należy razem z kołem 2 podnieść za rączki 6 wałek pędni 1. Aby zaś dolny czop wałka nie wyszedł całkowicie z łożyska, w górnej części wałka zamocowany jest pierścień oporowy 5.



Rys. 82. Inny rodzaj urządzenia nastawczego

Bywają też takie konstrukcje, w których odchyła się w bok koło 2 razem z pędnią, odsuwając przedtem ruchome łożysko oporowe końca pędni, zabezpieczone zatyczką 7.

2. Nastawianie wskazówek

Regulację mechanizmu chodu oraz dokładne *nastawianie* wskazówek ułatwia tarcza kontrolna, która powinna się znajdować przy każdym zegarze wieżowym. Przy starszych mechanizmach nie ma specjalnej tarczy kontrolnej, jednak na kole nastawczym jest nakreślona odpowiednia podziałka minutowa,

z której — przy pomocy wskazówki przymocowanej na stałe gdzieś do boku szkieletu — odczytuje się czas wskazywany na tarczy zegara.

Tarcza kontrolna znajdująca się przy mechanizmie chodu powinna być umieszczona z tej strony, z której nastawia się wskazówki. Jeżeli zaś jest umieszczona po stronie przeciwnej, jak to czasem się spotyka, to właściwie nie spełnia ona swojego zadania.

Najwłaściwszym momentem do nastawienia wskazówek i uregulowania mechanizmu bicia jest pełna godzina. Gdy wybijanie godzin nie zgadza się ze wskazaniem na tarczy, należy przestawić koło zapadowe w godzinowym mechanizmie bicia.

Przy niektórych zegarach do obrotu pędni używa się odpowiedniego klucza lub korby. W czasie nastawiania wskazówek lepiej jest mechanizm bicia wyłączyć, a zwłaszcza wtedy, gdy jest on urządzony na system zapadowy.

Przesuwanie pędni, a tym samym i nastawianie wskazówek, powinno się odbywać powoli, równomiernie i bez szarpania, aby nie spowodować przesunięcia się przegubów lub sprzęgieł widełkowych na wałkach. Cofanie zaś pędni i wskazówek może się odbywać tylko w granicach każdego kwadransa, aby nie uszkodzić kołka lub mimośrodowo włączającego mechanizm bicia. Zamiast zegar cofać, lepiej go na chwilę zatrzymać.

Jeżeli przez nieostrożne obchodzenie się albo skutek silnego wiatru wskazówki przesunęły się na którejś z tarcz, należy je doregulować nastawnym sprzęgłem widełkowym (rys. 72), które powinno być wmontowane do pędni między rozrzędem a przekładnią wskazań. Jeżeli długość otworów w płytce nastawnego sprzęgła widełkowego jest niewystarczająca do przesunięcia wskazówek, wówczas przeprowadza się to przestawieniem sprzęgła widełkowego lub przegubu na pędni; tak aby wskazówki mniej więcej były w swojej pozycji, a resztę dopiero doregulowuje się nastawnym sprzęgłem widełkowym.

H. NAPĘDY POŚREDNIE WYCHWYTÓW

Do obracania długich pędni i dużych, nieraz kilkumetrowych wskazówek, konieczna jest odpowiednia siła napędowa, dostarczana, jak zwykle w zegarach wieżowych, przez zawieszony na linie obciążnik. Jednak ciężar obciążnika musi być tak wielki, żeby za pośrednictwem przekładni chodu i wychwytu oprócz pędni i wskazówek poruszał także wahadło. Wobec zdarzających się usterek i innych przeszkód, dopływ energii do wychwytu i wahadła nie zawsze jest równomierny, wskutek czego zegar gorzej chodzi, a delikatne części zużywają się za szybko. Czasem znów silne wichry szarpiają wskazówkami, co również bardzo niekorzystnie wpływa na wychwyty i na regularność chodu zegara.

Aby zapobiec tym ujemnym skutkom, stosuje się w lepszych zegarach tzw. *napęd pośredni o niezmiennej sile napędowej*, służący tylko do napędu wychwytu. W ten sposób działanie siły dużego obciążnika, przez przekładnię chodu i przekładnię wskazań, ogranicza się tylko do posuwania wskazówek i udzielania w tym czasie energii napędowi pośredniemu. Czynność ta odbywa się nie w sposób ciągły, lecz w pewnych okresach: zwykle co minutę, czasem co pół, lub ćwierć minuty. Natomiast napęd pośredni działa jednostajnie, udzielając wahadłu impulsu za każdym wahnięciem.

Napęd pośredni jest stosowany tylko w zegarach wielkich, a więc wieżowych. Natomiast w zegarach domowych, tak wahadłowych jak i balansowych, oraz w zegarkach noszonych nie ma potrzeby stosowania go, gdyż nie ma tu niebezpieczeństwa szarpnięć wskazówkami, ani też zbyt dużej zmienności siły napędowej.

Wprawdzie już dawniej zauważono, że dla zegarów napędzanych sprężyną napęd pośredni byłby bardzo korzystny, aby

wyrównać znaczne różnice naprężenia sprężyny. Jednak częściowo ze względu na zawiłą budowę, a częściowo na zmieniające się tarcie wskutek tężenia oliwy, liczne próby nie dały korzystnych wyników. Natomiast w obecnie produkowanych zegarkach, sprężyny nie wykazują zbyt dużych różnic w naprężeniu, dlatego napęd pośredni jest tu już zbyteczny.

Z dotychczas stosowanych znamy trzy rodzaje napędów pośrednich: sprężynowy, obciążnikowy i różnicowy.

1. Sprężynowy napęd pośredni

Pierwszy projekt *sprężynowego napędu pośredniego* pochodzi prawdopodobnie od słynnego filozofa i matematyka Leibniza (1646—1716). Napęd ten zbudowany był w ten sposób, że koło pośrednie nie zazębiało się z zębniakiem wychwytowym, lecz ze specjalnym kołem zębatym, które z kolei zazębiało się z wieńcem zębatym małego bębna ze sprężyną, zwanego naprężarką (Nachspannapparat). Bębenek ze sprężyną osadzony był na osi koła wychwytowego, które było napędzane tą właśnie sprężyną, a więc niezależnie od siły napędowej obciążnika. Co minutę przekładnia chodu była uwalniana i wykonywała pewną część obrotu, nakręcając równocześnie sprężynę w bębnieku, przy czym wiatrak hamował zbyt szybkie obroty.

Przy tym urządzeniu siła obciążnika działała na wychwyty za pośrednictwem sprężyny, wskutek czego nacisk na koło wychwytowe zależny był od jej siły. Ponieważ sprężyna działa silniej po jej nakręceniu niż po częściowym już rozwinięciu, dlatego działanie siły na koło wychwytowe nie było stałe. Oprócz tego elastyczność sprężyny ulegała zmianom pod wpływem różnic temperatury, a często nawet sprężyna pękała. Z tych więc przyczyn sprężynowy napęd pośredni nie znalazł szerszego zastosowania.

2. Obciążnikowy napęd pośredni

Obciążnikowy napęd pośredni jest bardziej skomplikowany, ponieważ ma on niejako dwie przekładnie chodu i dwa obciążniki napędowe, z których jeden, mniejszy, służy do napędu wychwyty, drugi, większy posuwa wskazówki i podciąga ciężarek naprężający łańcuch bez końca. Schemat tego napędu widzimy na rys. 83.

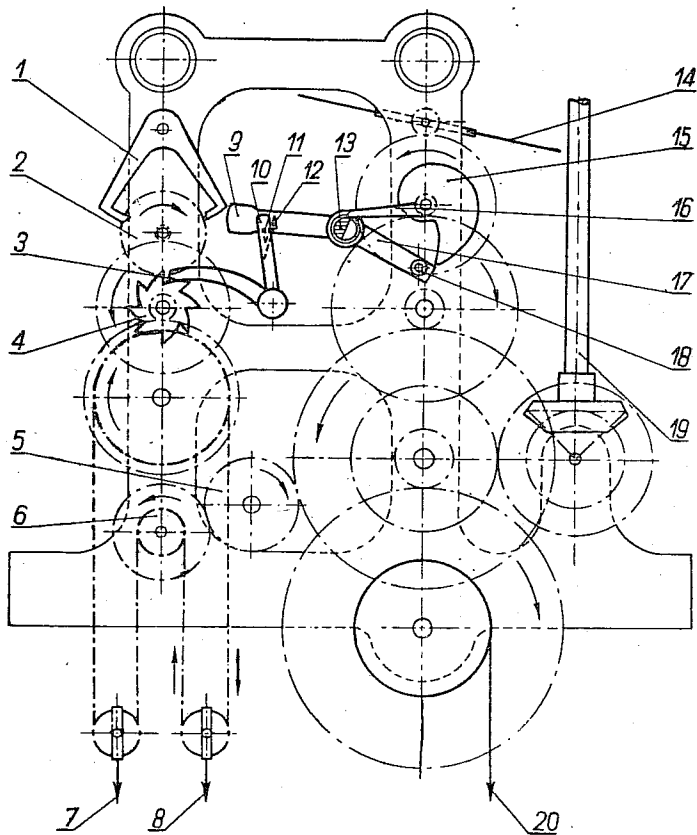
Główny obciążnik 20 wisi na linie nawiniętej na bęben prawego mechanizmu. Wisi jednak nieruchomo, ponieważ ramię 16 spoczywa na wyciętym do połowy wałku 13. Na łańcuchu bez końca lewego mechanizmu jest zawieszony obciążnik napędzający 8 i znacznie od niego mniejszy ciężarek 7 naprężający łańcuch. Dzięki temu lewy mechanizm jest napędzany w kierunku pokazanym strzałkami.

Kotwica 1 za każdym podwójnym wahnięciem wahadła pozwala na obrót koła wychwytyowego 2 o jeden ząb w kierunku strzałki. W miarę obrotu koła wychwytyowego 2 obraca się i koło zapadkowe 4. Równocześnie koło to podnosi zapadkę 3 oraz odchyła w prawo ramię pionowe 10 z trójkątnym kołkiem spoczynkowym 11, na którym wspiera się ramię poziome 9 za pośrednictwem kołka oporowego 12. Gdy zapadka 3 podniesie się do najwyższego punktu, kołek spoczynkowy 11 mijają się z kołkiem oporowym 12, wskutek czego ramię 9 opada, a wałek 13 zwalnia ramię 16. Wówczas prawy mechanizm rozpoczyna obrót i posuwa wskazówki, np. o minutę naprzód.

Obrót prawego mechanizmu jest hamowany wiatrakiem 14. Dzięki temu, zanim krzywka 15 obróci się o cały obrót, krawędź zęba koła zapadkowego 4 przesunie się pod koniec zapadki 3 i spowoduje odchylenie się ramienia 10 w lewo do położenia początkowego.

Obracająca się krzywka 15 działa na rolkę 18 i ramię 17, a tym samym nachyla z powrotem wałek 13 i unosi ramię 9, które wraca do swojego pierwotnego położenia opierając się trójkąt-

nym kołkiem oporowym 12 na kołku spoczynkowym 11, który ma z boku sprężynkę zabezpieczającą. W ten sposób kołek oporowy 12 oprze się o kołek 11 zanim jeszcze krzywka 15, zejdzie



Rys. 83. Obciążnikowy napęd pośredni

z rolki 18. Podczas dalszego obrotu ramię 16 oprze się o wałek 13 i zatrzyma ruch prawego mechanizmu.

Podczas ruchu prawego mechanizmu podciągany jest równocześnie obciążnik 8 lewego mechanizmu za pośrednictwem ko-

ła 6 zazębiającego się z kołem 5. Od zgrania szybkości obrotu wiatraka 14 i koła zapadkowego 4 zależy prawidłowe działanie zegara.

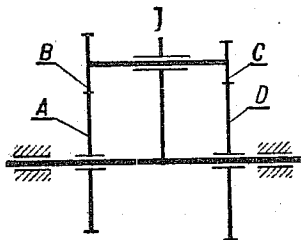
Widzimy więc, że główna przekładnia chodu (bez wychwytu) jest tylko w delikatnym kontakcie z wychwytem przez zapadkę 3 i koło zapadkowe 4. Głównym jej zadaniem jest podniesienie obciążnika 8 oraz posuwanie wskazówek za pośrednictwem pędni 19.

3. Różnicowy napęd pośredni

Nowocześniejszy i praktyczniejszy jest *różnicowy napęd pośredni*. Przy tym napędzie spotykamy się z trudniejszym zagadnieniem mechaniki, tj. z *przekładnią różnicową* (Differentialwerk). Przed kilkudziesięciu laty mechanizm taki był rzadko spotykany, obecnie jednak, wobec ogromnego rozwoju ruchu samochodowego, „dyferencjał” jest ogólnie znany.

a. Przekładnie obiegowe (planetowe) i różnicowe

Przekładnia różnicowa jest szczególnym przypadkiem *przekładni obiegowej*, czyli *planetowej*, w której osie niektórych kół, zwanych *satelitami*, obracają się dokoła osi innych kół.



Rys. 84. Schemat przekładni obiegowej (planetowej)

Rys. 84 przedstawia przekładnię obiegową, składającą się z czterech kół A, B, C, D i jarzma J. Jarzmem nazywamy obracającą się dokoła osi kół A i D ramię, na którego końcu osadzona

jest ós łącząca koła B i C . Koła A i D oraz jarzmo J są *elementami głównymi*, natomiast koła B i C — satelitami. Jeżeli jedno z kół A lub D , bądź też jarzmo J , jest nieruchome, mamy do czynienia z przekładnią obiegową. Przekładnia ta staje się różnicową, jeżeli żaden z jej elementów głównych (A , D , J) nie jest nieruchomy. W przypadku tym dowolne dwa z nich mogą być czynnymi lub biernymi. Z właściwości tej korzystamy wtedy, gdy z jednego napędu uruchomimy dwa mechanizmy o ruchach niezależnych (np. mechanizm chodu i mechanizm bicia albo mechanizm chodu i mechanizm przełączeniowy), bądź też odwrotnie — z dwóch napędów niezależnych uruchomimy jeden mechanizm.

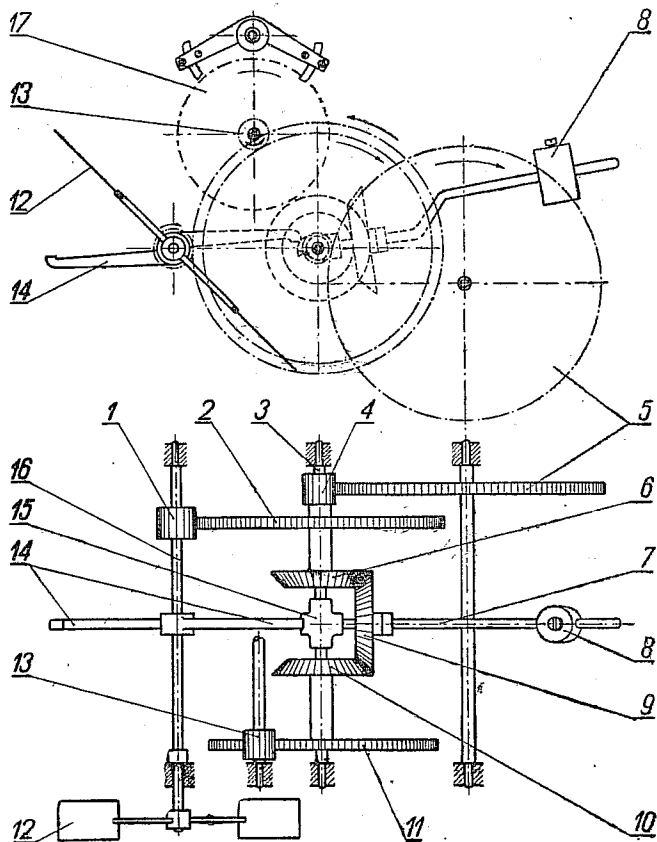
Trzeba zaznaczyć, że przełożenie tej samej przekładni obiegowej (planetowej) ma inną wartość w zależności od tego, który z jej głównych elementów jest napędzający (czynny), który napędzany (bierny), a który nieruchomy. Stąd więc tą samą przekładnią możemy otrzymać 6 różnych przełożeń¹⁾.

Przekładnie obiegowe i różnicowe mają w zegarmistrzostwie i w budowie instrumentów oraz aparatów wielostronne zastosowanie. Przekładnie obiegowe są ponadto doskonałym środkiem do sprawnego rozwiązania trudnych zadań przełożeniowych, jakie zachodzą w skomplikowanych mechanizmach zegarowych, np. w przekładniach wskazań zegarów planetarnych, i przekładniach o bardzo małych przełożeniach. Przekładnia różnicowa ma zastosowanie w pośrednim napędzie wychwytów, w różnicowych naciągach zegarów elektrycznych oraz przy wskaźnikach stanu nakręcenia sprężyn w chronometrach, a ostatnio nawet w zegarkach naręcznych.

¹⁾ Sposób obliczania przekładni obiegowych i różnicowych oraz potrzebne do tego wzory znajdzie Czytelnik w książce prof. dr inż. W. Moszyńskiego — „Wykład elementów maszyn“ część III. Napędy — rozdz.: Przekładnie złożone.

b. Szczegóły różnicowego napędu pośredniego

Różnicowy napęd pośredni, stosowany w zegarach wieżowych, przedstawiony jest schematycznie w dwóch rzutach na



Rys. 85. Różnicowy napęd pośredni

rys. 85. Działanie tego napędu polega na jednostajnym opuszczaniu się małego ciężarka, umieszczonego na dźwigni, i napędzaniu swym ciężarem wychwyty za pośrednictwem kół zębatach,

a następnie, w pewnych odstępach czasu, podnoszeniu tego ciężarka do początkowej wysokości, na skutek działania obciążnika napędowego. W tym celu poszczególne koła i zębniaki są odpowiednio połączone.

Zębniak 4 (rys. 85), koło 2 i koło stożkowe 6 są połączone ze sobą na stałe i osadzone nieruchomo na osi 3. Koło 2 zazębia się z zębniakiem 1, osadzonym na osi 16. Oś ta tak długo jest nieruchoma, jak długo znajdująca się na niej dźwignia spoczynkowa 14 opiera się na występie ruchomego łożyska 15.

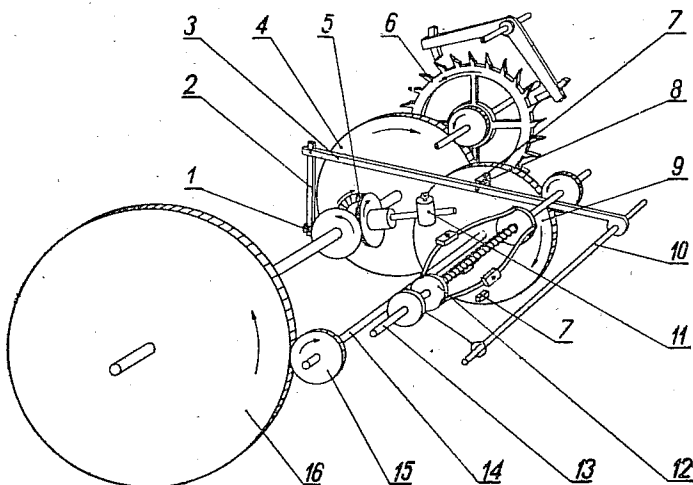
Na osi 3 osadzone jest luźno łożysko 15 i także luźno koło 11 połączone na stałe z kołem stożkowym 10. W łożysku 15 umocowana jest na stałe dźwignia 7, na której osadzone jest luźno koło stożkowe 9 zazębiające się z kołami 6 i 10. Dźwignia 7 obciążona jest ciężarkiem 8 ważącym 10 lub 20, a najwyżej 30 dkg. Ciężarek ten, przez koła 9, 10, 11 i zębniak 13, napędza koło wychwytowe 17, obniżając się stopniowo i podnosząc tym samym występ łożyska 15, do pozycji, w której minie się z opartą na nim dźwignią 14. W tym momencie dźwignia spoczynkowa 14 spada z występu, a cała przekładnia chodu, napędzana głównym obciążnikiem, uruchamia się i porusza o pół obrotu oś 16 oraz posuwa wskazówki o pół minuty.

Koło 6 podnosi dźwignię 7 wraz z ciężarkiem 8, a tym samym obniża występ łożyska 15, o który opiera się przeciwległy koniec dźwigni 14 i zatrzymuje całą przekładnię chodu. Na osi 16 znajduje się wiatrak 12, amortyzujący zbyt nagłe „startowanie” mechanizmu.

Wnikając w szczegóły działania różnicowego napędu pośredniego możemy zauważyć, że jest on bardzo praktyczny. Główną zaletą tego urządzenia, tak samo jak wszystkich napędów pośrednich, jest niezależność wychwyty od szarpnięć wskazówkami oraz od zbyt dużego nacisku siły ciężkości obciążającej na koło wychwytowe. Oprócz tego należy tu jeszcze podkreślić równomierny napęd wychwyty zawsze jednakowo działającym ciężarkiem oraz trwałość całego urządzenia.

c. Ulepszony napęd różnicowy wychwyty

W niepokalanowskim zegarze wieżowym zastosowaliśmy ulepszony napęd różnicowy wychwyty, przedstawiony na rys. 86. Ulepszenie to polega na tym, że zamiast dźwigni spoczynkowej jest tu koło zębate, napędzające za pośrednictwem zębniaka dodatkową oś, na której znajduje się regulator (w tym przypadku nie wiatrak), dlatego cała konstrukcja tego napędu jest nieco inna.



Rys. 86. Ulepszony napęd różnicowy

Do występu łożyska 1 (rys. 86) przymocowane jest ruchomo ramię pionowe 2 oraz dłuższe ramię poziome 3, którego drugi koniec umieszczony jest na nieruchomym wałku 10. Na tym ramieniu znajduje się kołek oporowy 8, o który zatrzymują się naprzemian dwa kołki spoczynkowe 7, osadzone w ramionach koła 9.

Gdy zegar chodzi, ciężarek 11 obniża się napędzając koło wychwytowe 6 za pośrednictwem koła stożkowego 5 oraz koła 4.

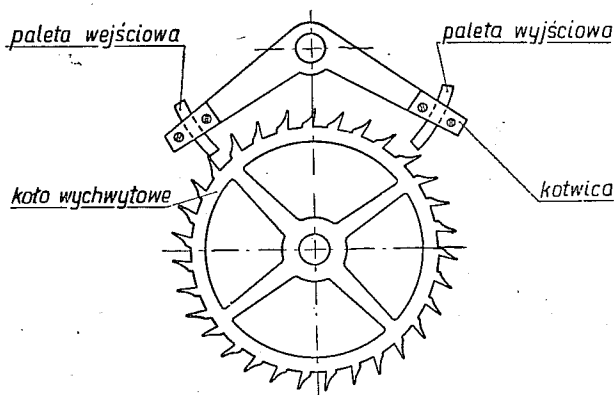
Równocześnie z obniżaniem się ciężarka 11 unosi się ramię 2 podnosząc także ramię poziome 3 tak wysoko, że w pewnym momencie kołek 8 mija i zwalnia kołek spoczynkowy 7. Wskutek tego następuje obrót koła 9, na skutek działania obciążnika napędowego za pośrednictwem całej przekładni chodu, a więc i widocznego na rys. 86 koła 16 i zębniaka 15. W czasie tego obrotu wskazówki posuwają się o pół minuty, ponieważ w kole 9 są dwa kołki spoczynkowe 7. (Zależnie od ilości kołków spoczynkowych 7 umieszczonych w kole 9, wskazówki mogą się posuwać o ćwierć, pół, lub całą minutę). Natomiast ciężarek 11 unosi się ku górze, ramiona zaś 2 i 3 opadają z powrotem ku dołowi, a kołek spoczynkowy 7 opiera się znowu o kołek oporowy 8.

Ponieważ między osiami 14 i 13 oraz na zewnątrz mechanizmu mieliśmy za mało miejsca na wiatrak, który hamowałby dostatecznie obroty przekładni chodu i „skoki“ wskazówek, dlatego zastosowaliśmy na osi 13 regulator 12, podobny do regulatorów gramofonowych. Działa on bez zarzutu, tak że copółminutowe ruchy wskazówek są łagodne i spokojne.

I. WYCHWYTY ZEGARÓW WIEŻOWYCH

1. Ogólnie

Mamy już przekładnię chodu połączoną z napędem. Gdybyśmy teraz podciągnęli obciążnik do góry i puścili mechanizm w ruch, to obracałby się on za szybko, wskutek czego obciążnik w bardzo krótkim czasie opadłby z powrotem na dół. W takich warunkach nie ma mowy o odmierzaniu czasu. Dlatego w mechanizmie zegara konieczne jest jeszcze pewne urządzenie, któreby zatrzymywało zbyt szybkie i swobodne obroty przekładni chodu i jednocześnie uwalniało ją na przemian w równomiernych odcinkach czasu. Jak wiemy z poprzednich rozdziałów, urządzenie to nazywa się *wychwytem*.



Rys. 87. Wychwyłt Grahama

Konstrukcje i urządzenia wychwyty bywają różne, zwłaszcza gdy bierzemy pod uwagę wychwyty czasomierzy mechanicznych, poczynszyszy od zegarów wieżowych, a skończywszy na zegarkach naręcznych. Jeżeli zaś chodzi o same zegary wieżowe, to stosowane są do nich przeważnie ogólnie znane, typowe wychwyty, podobne do uwidocznionego na rys. 87. Zasadniczymi częściami takiego wychwyty są koło wychwytowe i kotwica.

Koło wychwytowe różni się od zwykłego koła zębatego charakterystycznym kształtem zębów. Niekóre zaś zamiast zębów ma z boku wieńca wstawione kołki.

Kotwica w większości wychwyków jest dźwignią, przypominającą swym kształtem kotwicę okrętową, stąd też pochodzi jej nazwa. Po obu końcach zaopatrzona jest w dwa skośnie ścięte zęby zwane *paletami*, które zazębiają się z zębami koła wychwytowego. Paleta, która wpuszcza ząb koła wychwytowego w rozwartość kotwicy, nazywa się *wejściową* (rys. 87), a ta, która wypuszcza — *wyjściową*.

Podnoszenie ramion kotwicy, które za pośrednictwem palet przerywają naprzemian obroty przekładni chodu, następuje w równych odcinkach czasu dzięki *regulatorowi chodu*. W zegarach wieżowych jest nim *wahadło*.

Ażeby utrzymać równomierność *amplitudy*¹⁾ wahań wahadła, kotwica jest tak urządzona, że przy każdorazowym zetknięciu się palet kotwicy z zębami koła wychwytowego, przekładnia chodu udziela nowej energii wahadłu. To przeniesienie energii z zęba koła wychwytowego na paletę kotwicy, a wskutek tego i na wahadło, nazywamy *impulsem*.

2. Podział wychwyków

W zegarach mechanicznych stosuje się obecnie dwa rodzaje regulatorów, mianowicie wahadło i balans, stąd też zależnie od rodzaju regulatora, można by podzielić wychwyty na: wahadłowe i balansowe.

Zwykle jednak wychwyty zegarów mechanicznych dzieli się według rodzajów połączeń i współdziałania z regulatorem. Pod tym względem rozróżniamy wychwyty: cofające, spoczynkowe i wolne.

¹⁾ Amplituda przy ruchach okresowych (harmonicznych, drgających, falowych, wahadłowych) oznacza największe wychylenie od położenia równowagi.

Wychwyty cofające są te, w których koło wychwytowe, cofa się nieco po spadnięciu zęba na paletę. Cofanie koła wychwytowego rozpoczyna się od momentu zetknięcia się zęba koła wychwytowego z paletą, a trwa do momentu zakończenia amplitudy regulatora chodu. Siła oporu, która powstaje w czasie cofania koła wychwytowego przez paletę, zmniejsza amplitudę regulatora chodu. Natomiast w drodze powrotnej, kiedy już odbywa się wznoszenie palety, ruch regulatora staje się szybszy. Te właśnie przyczyny są przeszkodą dla izochronicznych ¹⁾ wahnięć regulatora, a tym samym i dla dokładnego chodu zegara. Stąd też zegar z wychwytem cofającym przy większej sile napędowej zwykle przyspiesza, przy mniejszej zaś opóźnia.

Wychwyty cofające są łatwe do wykonania oraz mało wrażliwe na niedokładności produkcyjne lub na zabrudzenie.

Do wychwytyń cofających należą następujące wychwyty: wrzecionowy, szwarcwaldzki, hakowy, Brocota i rolkowy ²⁾.

W *wychwytych spoczynkowych* koło wychwytowe obraca się skokami, lecz tylko naprzód. Częściowy ten obrót odbywa się w chwili wznoszenia palety. Resztę czasu, tj. od momentu zetknięcia się zęba koła wychwytowego z paletą, do momentu rozpoczęcia wznoszenia palety, ząb koła wychwytowego *spoczywa* na powierzchni spoczynku (rys. 89), która ukształtowana jest współśrodkowo do osi kotwicy. Wahadło znajduje się w tym czasie pod działaniem siły tarcia (zęba o paletę) zależnej od nacisku zęba. Jednak nacisk ten, jest o tyle nieszkodliwy, że chociaż nieco zmniejsza, to jednak nie ogranicza amplitudy regulatora chodu, związanego z kotwicą.

1) Izochronizm jest to cecha zjawisk periodycznych, polegająca na tym, że okresy zmian są sobie równe.

Bliższe szczegóły znajdują się w rozdziale o wahadle.

2) Wychwyt rolkowy bywa niekiedy zaliczany do specjalnej grupy wychwytyń, tzw. spoczynkowo-cofających, gdyż koło w tym wychwyty spoczywa tylko na wejściowej palecie, a na wyjściowej się cofa.

Widzimy więc, że tutaj przeszkody dla izochronicznych wahnięć regulatora zostały częściowo usunięte. Dlatego, pod względem dokładności chodu, ten rodzaj wychwyty przewyższył znacznie wychwyty cofające.

Do wychwyty spoczynkowych należą wychwyty: Grahama, cylindrowy, nożycowy, podwójny (duplex) i roleczkowy.

W *wychwytych wolnych* łączność regulatora chodu z wychwytem została zmniejszona do minimum. Umożliwiło to regulatorowi zachowanie izochronicznych wahnięć, nawet przy dużej amplitudzie, jaką na przykład balans musi wykonać. Do konstrukcji tych wychwyty doprowadziło stwierdzenie faktu, że tylko swobodnie wahający się regulator może wahać się równomiernie. Dlatego w tych wychwyty regulator tylko w pewnych momentach znajduje się pod wpływem siły napędowej przekładni chodu, a poza tym waha się *swobodnie*. Takimi momentami łączności wychwyty z regulatorem chodu jest tu zwalnianie zęba koła wychwytyowego ze spoczynku oraz wznoszenie palety. W niektórych wolnych wychwytych podczas tego wznoszenia regulator otrzymuje równocześnie impuls. Tarcie powstałe w czasie przenoszenia siły napędowej na regulator jest tak minimalne, że niewiele wpływa na izochronizm jego wahnięć.

Większość wychwyty wolnych są to wychwyty kotwicowe. Kotwice bywają różne zależnie od konstrukcji wychwyty. W niektórych wolnych wychwyty zegarów wahadłowych ramiona kotwicy są od siebie niezależne i odpowiednio ułożyskowane. W tym przypadku impuls udzielany jest wahadłu za pośrednictwem tych właśnie ramion kotwicy, opadających własnym ciężarem. W innych zaś, szczególnie gdzie kotwice są całkowite, impuls udzielany jest przy pomocy specjalnych sprężyn. Taki wychwyty, w którym impuls następuje wskutek działania siły ciężkości ramion kotwicy, nazywamy także *wychwytem ciążeniowym* (Schwerkrafthemmung); taki zaś, w którym im-

pulsu udziela sprężyna, nazywamy zwykle *wychwytem sprężynowym* (Federhemmung).

Do wychwyków wolnych należą wychwyty kotwicowe zegarków noszonych, chronometrowe oraz niektóre wahadłowe, jak: Mudge'a, Tiede'a, Bolxama, Denisona (westminsterski), Rieflera, Strassera i inne.

Dawniej rozróżniano jeszcze grupę „wychwyków o niezmiennym napędzie“. Taki podział spotyka się w starszych podręcznikach zagranicznej literatury fachowej. Do tej grupy zaliczano także wolne wychwyty wahadłowe. Przede wszystkim jednak umieszczano w tej grupie wychwyty z pośrednim napędem, o którym już pisaliśmy.

Oczywiście podział ten był niewłaściwy. Wiemy bowiem, że pośredni napęd można zastosować do każdego prawie wychwytu (nawet cofającego), jednak wskutek tego konstrukcja wychwytu pozostaje nadal bez zmiany. Jeżeli wychwyty był cofającym, pozostaje cofającym, jeżeli zaś spoczynkowym, to pozostanie spoczynkowym. Jedyne siła napędowa przekazywana temu wychwytowi jest stale jednakowa, dlatego do właściwej nazwy tego urządzenia: *napęd pośredni wychwytu*, dodajemy czasem dla wyjaśnienia: *o niezmiennym sile napędowej*.

Natomiast wychwyty: Mudge'a, Tiede'a, Bloxama, Denisona, Rieflera, Strassera itp. już w swej konstrukcji różnią się całkowicie od innych wychwyków. Mają one bowiem cechy wychwyków wolnych, gdyż koło wychwytowe w tych właśnie wychwytach tylko w bardzo krótkim czasie ma pośrednią łączność z regulatorem, a poza tym regulator waha się już swobodnie. Z tego więc względu zaliczamy je do grupy wychwyków wolnych.

W zegarach wieżowych wychwyków cofających nie stosuje się prawie wcale, ze względu na zbyt małą dokładność ich chodu. Czasem w bardzo starym zegarze można jeszcze gdzieś spotkać cofający wychwyty wrzecionowy.

Najczęściej mają tu zastosowanie wychwyty spoczynkowe, np. Grahama i nożycowe. W nowszych zegarach wmontowuje się do nich napędy pośrednie, wskutek czego regularność chodu takich zegarów jest w zupełności zadowalająca.

Wolne wychwyty sprężynowe nie mają zastosowania w zegarach wieżowych. Są one bowiem wrażliwe na wstrząsy i wpływy atmosferyczne, dlatego nadają się raczej do zegarów astronomicznych, które są zamknięte w specjalnych pomieszczeniach. Natomiast dosyć często można spotkać w zegarach wieżowych wolne wychwyty ciężeniowe, które nadają się właśnie do większych zegarów. Takim typowym wychwytem wolnym do zegarów wieżowych jest między innymi wychwyty Denisona (westminsterski).

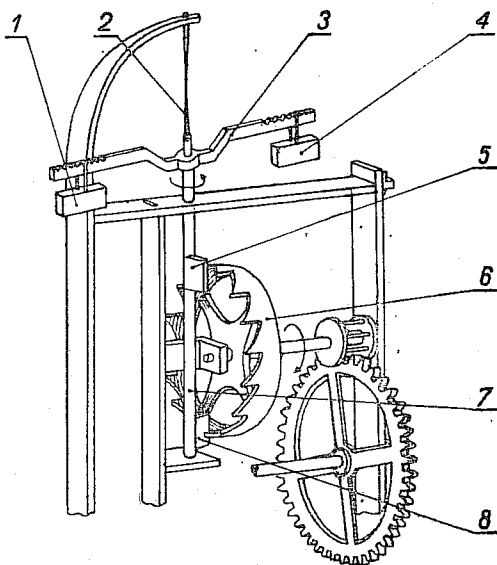
3. Wychwyty wrzecionowy ¹⁾

Mimo że wychwyty wrzecionowy (szpindłowy, łopatkowy) należy już do przeszłości, gdyż obecnie wcale nie jest wytwarzany, to jednak i jemu poświęcamy nieco miejsca. Czynimy to trochę przez sentyment — gdyż jest to w ogóle pierwszy wychwyty zegarów mechanicznych i wynaleziony przez zakonnik (1—20) — a także i ze względów praktycznych, gdyż jeszcze i teraz w starszych zegarach czasem go się spotyka.

Zaznaczyć przy tym należy, że wychwyty wrzecionowy przetrwał najdłuższy okres czasu ze wszystkich znanych dotąd wychwyty (blisko 1000 lat), a produkowany był jeszcze w 1860 roku. Przez pierwszych kilkaset lat regulatorem tego wychwyty było jakby poziome wahadło, czyli tzw. *kolebnik*, później wahadło pionowe lub balans. Konstrukcja ta zapoczątk-

1) Oś zegara „szpindłowego“, na której są palety, nazywamy *wrzecionem*, gdyż ta nazwa bardziej odpowiada oraz zgadza się z tłumaczeniem z innych języków (np. z niemieckiego: Spindel = wrzeciono). Stąd wychwyty „szpindłowy“ otrzymał nazwę *wrzecionowy*.

kowała erę zegarów mechanicznych. O genialności zasad budowy wychwyty wrzecionowego świadczy fakt, że konstruowanie wychwyty, powstałych w późniejszych stuleciach i aż do dni dzisiejszych, opierało się na tych samych zasadach. Zastąpienie wychwyty wrzecionowego nieco inną konstrukcją stało się konieczne z chwilą zastosowania wahadła jako regulatora. Wahadło bowiem przy wychwycie wrzecionowym musiało wykonywać bardzo duże wychylenia, przez co wahnięcia były niezupełnie izochroniczne.



Rys. 88. Wychwyty wrzecionowy (szpindlowy)

Rys. 88 przedstawia stosowany w starych zegarach wychwyty wrzecionowy z kolebnikami. Wrzeciono (szpindel) 7 wykonane jest ze stalowego pręta i zawieszane na strunie lub sznurku 2. Na tym wrzecionie umocowane są palety 5 i 8 oraz kolebnik 3 z ciężarkami 1 i 4. Rozstęp palet odpowiada średnicy koła wychwytyowego 6. Palety tak są ustawione na wrzecionie, że mogą być na przemian wznoszone (odchylane) przez zęby koła wy-

chwytowego. Na rysunku widzimy moment wznoszenia (impuls) palety 8. Po opuszczeniu tej palety przez ząb koła wychwytowego następuje spadek, a paleta 5 przytrzymuje ząb z przeciwległej strony obwodu koła. W momencie przytrzymania zęba przez paletę 5 ruch wrzeczona nie kończy się, gdyż kolebnik wykonuje dalej swoją amplitudę wahnięcia w kierunku strzałki. Od chwili przytrzymania zęba do ukończenia wahnięcia kolebnika, koło wychwytowe się cofa. W powrotnej drodze kolebnika, czyli w kierunku przeciwnym do strzałki, paleta 5, a więc i kolebnik, otrzymują impuls. Po zakończeniu wznoszenia następuje spadek i działalność swą rozpoczyna paleta 8. Czas wahnięcia kolebnika reguluje się ciężarkami, przestawiając je w odpowiednie wręby znajdujące się na ramionach kolebnika.

Julian L e R o y (1686—1759) i Henryk S u l l y (1680—1728) ustalili podstawowe wielkości i wzajemne ich zależności, które są zasadnicze w działaniu tego wychwyty.

Z doświadczeń i obliczeń tych zegarmistrzów wynika, że:

— nachylenie zębów koła wychwytowego do osi powinno wynosić od 25° do 27° ;

— kąt zawarty między obydwojema paletami ma wynosić 95° do 100° ;

— głębokość „zazębienia“ wychwyty: $\frac{2}{3}$ długości palet;

— grubość palet: połowę średnicy wrzeczona (osi);

— długość palet: $\frac{6}{10}$ (dokładnie: $\frac{180}{302}$) odległości między wierzchołkami zębów koła wychwytowego (podziałki).

Wrzeczono wykonane jest ze stali, dobrze zahartowane, czopy odpuszczone na niebiesko, albo fioletowo, natomiast palety — na żółto. Oczywiście palety są dobrze polerowane, a krawędzie lekko zaokrąglone, aby nie uszkadzały zębów koła wychwytowego. Końce zaś powinny mieć dostateczną grubość, aby się szybko nie zużywały.

Przy umocowywaniu palet zwraca się uwagę, aby obydwie były jednakowej długości oraz by osadzone były na wrzeczonie promieniowo.

Koło wychwytowe ma zawsze nieparzystą ilość zębów, mianowicie w tym celu, aby odpad zębów z obu palet odbywał się na zmianę.

Ponieważ wychwyt wrzecionowy już nie jest produkowany, sądzimy, że powyższe dane konstrukcyjne wystarczą, by w koniecznym razie odtworzyć brakujące części w jakimś antyku i dlatego szerzej na ten temat się nie rozpisujemy.

W dawniejszych zegarach o wychwycie wrzecionowym i z regulatorem kolebnikowym dobowe różnice wskazań dochodziły do kilkudziesięciu minut, tak że co kilka dni musiano takie zegary doregulowywać według słońca. Mimo wprowadzenia wieżowych zegarów kolebnikowych, nie usuwano jednak starych zegarów słonecznych, które polecił umieszczać na murach kościołów papież Sabinianus (604—606 r.). Służyły one do sprawdzania zegarów mechanicznych. Zrozumiałe teraz się staje dlaczego dawniej takie zegary nie miały wskazówek minutowych, lecz tylko wskazówki godzinowe.

Najważniejszą przyczyną nieregularności chodu wychwyty wrzecionowego jest zbyt szybkie zużywanie się palet. Powodują to niekorzystne warunki współdziałania wskutek zbyt rozwartego kąta między obydwoma paletami. Dalszą przyczyną może być za silny odpad, niedostateczne dopolerowanie pracujących powierzchni palet albo praca wychwyty na sucho. Dawniej nie oliwiono palet w tym celu, aby nie osiadał na nich pył mający własności ścierne. Nie było to jednak właściwe. Należało raczej zabezpieczyć od kurzu albo częściej mechanizm czyścić. Innymi wadami tego wychwyty jest duża wrażliwość na zmiany siły napędowej oraz znaczne kąty cofania koła wychwytowego a wskutek tego stałe ruchy poszczególnych kół mechanizmu w przód i wstecz.

Te oto przyczyny spowodowały, że wychwyt wrzecionowy przetrzawszy tyle wieków musiał pójść na „emeryturę“.

4. Wychwyty Grahama

a. Ogólnie

Najczęściej stosowanymi wychwytyami w zegarach wieżowych są różne odmiany wychwyty Grahama (rys. 87), które należą do grupy wychwyty spoczynkowych. Nazwa tego wychwyty pochodzi od wynalazcy Jerzego Grahama (1673—1751), słynnego zegarmistrza angielskiego, który zbudował swój pierwszy wychwyty w 1715 roku. Od tej pory zasada tego wychwyty przetrwała bez większych zmian aż do obecnych czasów.

W porównaniu do wychwyty cofających, wychwyty Grahama można uzyskać stosunkowo wysoki stopień dokładności chodu, zwłaszcza w zegarach z małym kątem wahnięć regulatora. Zegar taki musi jednak mieć ciężkie wahadło (soczewkę), aby wskutek jakiegoś wstrząsu nie stanął.

Koło wychwytowe tego wychwyty bywa wykonywane z mosiądzu lub brązu. Ilość zębów koła wychwytowego bywa różna; najczęściej jednak spotyka się koła z 30 zębami. Końce zębów są ścięte, celem uniknięcia prędkiego ich zużywania albo zginania. Wielkość ścięcia wynosi około $1/20$ podziałki, nie biorąc tu oczywiście pod uwagę wychwyty ze wzniosem na zębie i paletcie. Kąt pochylenia zęba w stosunku do promienia koła, wynosi 8 do 15 stopni. Pochylenie to nie służy tu w tym celu, aby w czasie spoczynku ząb przytrzymał paletę, jak to ma miejsce w wolnych wychwyty kotwicznych, ale raczej w tym celu aby paleta wyjściowa podczas straconej drogi nie cofała swoją powierzchnią spoczynku koła wychwytowego.

Pierwotne kotwice wraz z paletami wykonywane były ze stali. Ujemną ich stroną było to, że z chwilą zużycia się palet trzeba było dorabiać całą kotwicę. Później zaczęto stosować kotwice z wymiennymi paletami, użyte po raz pierwszy w roku 1844 przez berlińskiego zegarmistrza Ferdynanda Leona.

Palety wykonywane są z dobrej stali węglowej lub stopowej, a następnie hartowane w całości. Lepsze jednak są ze stali węglowej lub stopowej o małej zawartości węgla, utwardzane powierzchniowo przez nawęglanie albo cyjanowanie (cementowanie). W obu ramionach kotwicy są wytoczenia o promieniu stalowego pierścienia, z którego wycięte są palety. W celu zapobieżenia samowolnemu wsuwaniu lub wysuwaniu się palet przytrzymuje się je za pomocą stalowych płytek i wkretek. Szerokość palet równa się połowie podziałki zmniejszonej o grubość wierzchołka zęba i kąt odpadu. W mniej precyzyjnych zegarach szerokość palet przyjmuje się okrągło $3/8$ podziałki.

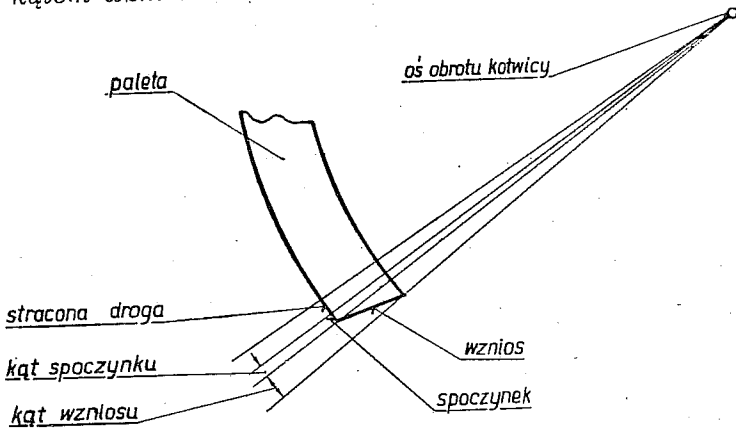
Konstrukcja, w której na rozstęp palet (rozwartość kotwicy) przypada $1/5$ część obwodu koła, wykazuje najlepsze wyniki w regulacji chodu. Natomiast w konstrukcjach o większym rozstępie palet, czyli o dłuższych ramionach kotwicy, dokładność wykonania koła wychwytyowego może być mniejsza (bicie promieniowe), a luzy w łożysku koła wychwytyowego i kotwicy — większe, co w dawnych czasach było ważne, gdyż wówczas nie umiano tych części wykonywać tak dokładnie, jak obecnie.

W nowszych czasach przekonano się, że długie ramiona kotwicy na skutek dużej bezwładności działają niekorzystnie z powodu powiększenia momentów tarcia na powierzchniach spoczynku, wskutek czego powiększają nierównomierności chodu. Dlatego pierwotny kształt kotwicy grahamowskiej o długich ramionach, obejmujących $1/3$ obwodu koła wychwytyowego, zmieniono, skracając jej ramiona, aby palety obejmowały mniej zębów.

Oprócz tego, że wskutek ustalenia odpowiedniej długości ramion kotwicy uzyskano lepszą dokładność chodu, wychwyty Grahama mają jeszcze i tę zaletę, że zegarmistrz może je stosunkowo najłatwiej wykonać za pomocą tokarki i innych prostych narzędzi, szczególnie gdy chodzi o mniejsze zegary.

b. Działanie

Znając części oraz zadanie wychwyty Grahama przyjrzyjmy się teraz jego działaniu. Należyta praca wychwyty a zwłaszcza udzielanie impulsu, w dużej mierze zależy od właściwych kształtów współpracujących części, tzn. palet i zębów koła wychwytowego. Kształty te opierają się na zasadzie równi pochyłej. Bardzo wyraźnie występuje to na palecie. Przykład widzimy na rys. 89, gdzie oprócz zarysów palety wejściowej wychwyty Grahama podane są nazwy jej szczegółów konstrukcyjnych. *Wznios* (powierzchnia wzniesienia, skos) jest tu właśnie odwróconą równią pochyłą. Wysokość tej równi ograniczona jest kątem *wzniosu*.

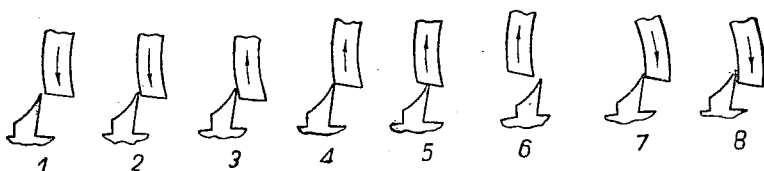


Rys. 89. Szczegóły konstrukcyjne palety

Zwiększanie kąta wzniosu przy stałej szerokości palety powoduje większe odchylenie się kotwicy, a przez to ząb koła wychwytowego wymaga dostarczenia większej siły napędowej do odchylenia kotwicy. Natomiast zmniejszanie tego kąta powoduje mniejsze ruchy kotwicy, a dzięki temu ząb koła wychwytowego potrzebuje mniejszej siły napędowej do odchylenia kotwicy a więc i wahadła. W tym przypadku zużycie energii przez

wychwyty jest mniejsze. Jednakże zbyt mały ruch kotwicy spowoduje zatrzymywanie się wahadła, a więc i całego zegara.

W działaniu wychwyty Grahama oraz innych, prawie wszystkich wychwyty, możemy odróżnić trzy jakby fazy, składające się razem z sześciu poszczególnych ruchów, zachodzących pomiędzy paletą a każdym zębem koła wychwytyowego. Kolejne położenia palety i zęba podczas tych ruchów widzimy na rys. 90. Dwa ostatnie numery 7 i 8 odnoszą się już do drugiej palety.



Rys. 90. Fazy działania wychwyty Grahama

1. Zęb koła wychwytyowego „leci“ na paletę kotwicy wykonując tzw. *spad*.

2. Po spadzie paleta zatrzymuje dalszy ruch zęba koła wychwytyowego, następuje więc *spoczynek*. Będzie to pierwsza faza działania wychwyty, tj. *z a t r z y m a n i e p r z e k ł a d n i c h o d u*.

3. Teraz paleta zagłębia się nieco we wręb koła wychwytyowego, co nazywamy *straconą drogą*, a następnie, zgodnie z odwrotnym ruchem wahadła, będzie wysuwać się z powrotem.

4. Gdy część palety, zwana spoczynkiem, wysunie się już całkowicie z wrębu koła wychwytyowego, wówczas następuje druga faza — *u w o ł n i e n i e p r z e k ł a d n i c h o d u*, wskutek czego zęb koła wychwytyowego wchodzi na wznios palety.

5. Dzięki skośnemu zakończeniu palety i odpowiedniemu jej położeniu względem zęba koła wychwytyowego, paleta w czasie posuwania się zęba po wzniosie zostaje odepchnięta, a otrzy-

many w ten sposób *impuls* jest trzecią fazą działania wychwyty. Impuls przekazuje paleta wahadłu za pośrednictwem kotwicy i widełek.

6. Po opuszczeniu wzniosu pracujący ząb jest wolny, wykonuje więc mały, niezależny ruch, czyli tzw. *odpad*.

7. W tym czasie druga paleta wsunęła się tak daleko między dwa inne zęby koła wychwytyowego, że jeden z tych zębów spada na nią (spad) i znowu zatrzymuje wolne obracanie się koła wychwytyowego (spoczynek).

8. Ponieważ kotwica przechyła się jeszcze dalej w tym samym kierunku aż do momentu zatrzymania się wahadła w skrajnym położeniu, przeto i paleta zagłębia się jeszcze we wręb koła wychwytyowego (stracona droga) itd.

Gdy po palecie wyjściowej posuwa się ząb koła wychwytyowego i później odpada, to w tym samym czasie spada na paletę wejściową inny ząb tego koła i w ten sam sposób powtarzają się fazy i ruchy w działaniu wychwyty. Wobec tego spad i odpad odbywają się przy tym samym ruchu koła wychwytyowego. Jednak między spadem i odpadem jest pewna różnica. Spad bowiem trwa od chwili zwolnienia zęba ze spoczynku, np. na palecie wyjściowej, aż do spadnięcia innego zęba na spoczynek na paletę wejściową. Natomiast odpad trwa tylko podczas swobodnego ruchu koła wychwytyowego. Mówiąc zatem krótko: spad jest to ruch zęba dążącego na paletę (na spoczynek), a odpad jest to swobodny ruch zęba oddalającego się (po ukończonym wznoszeniu) od palety. Stąd też ruch koła wychwytyowego podczas spadu będzie wynosił blisko pół podziałki, a podczas odpadu tylko bardzo mały odcinek.

Tak w wychwycie Grahama, jak i we wszystkich wychwytyach kotwicznych odpad zębów koła wychwytyowego od palety jest tylko złem koniecznym, aby wskutek luzów obwodowych koła wychwytyowego (nierówność podziałki, luzy w łożyskach

kotwicy i koła wychwykowego, nierówne grubości zębów itp.) uzyskać w wychwycie niezawodność działania. Dlatego wielkość odpadu ogranicza się do minimum, aby nie osłabiać impulsów wahadła.

Gdy ząb koła wychwykowego spada na paletę, to zajmuje pewną część jej powierzchni, którą nazywamy *spoczynkiem* (rys. 89). Wielkość tego spoczynku ograniczona kątem spoczynku nie może być mniejsza od sumy błędów promieniowych koła wychwykowego i kotwicy oraz luzów w łożyskach.

Łatwo zauważyć, że podczas działania wychwytu między posuwającym się zębem a paletą zachodzi tarcie suwne. Wiemy bowiem, że występuje ono zawsze pomiędzy trącymi się powierzchniami metali lub innych ciał.

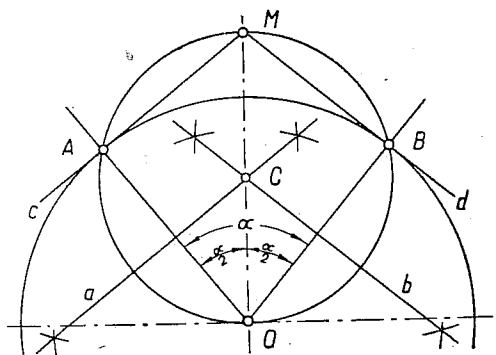
Tarcie na paletach, oprócz zużywania pewnej ilości energii napędowej, również wpływa ujemnie na amplitudę wahadła, a tym samym i na regularność chodu zegara. Z tych więc względów staramy się — o ile to tylko możliwe — zmniejszyć tarcie przede wszystkim przez staranne polerowanie pracujących powierzchni palet i zębów koła wychwykowego. Pewne tarcie jest jednak nieuniknione.

Niekorzystne wpływy tarcia można łatwo zauważyć u starych, dawno nienaprawianych zegarów. Palety w takich zegarach nie mają już dostatecznie gładkich powierzchni wzniosu, gdyż pracują na sucho. Wprawdzie zwiększone tarcie na paletach spowoduje zmniejszenie amplitudy wahadła, dlatego zegar powinien się śpieszyć. Jednak w praktyce okazuje się, że stare zegary zwykle się opóźniają. Ponieważ w łożyskach oliwa wyschła, więc zwiększyło się tarcie, wskutek czego czopy łatwo się „zacierają“. Również i w zazębieniach starych zegarów zwiększyły się opory wskutek wypracowania się zębów. Wpływy te zmniejszają siłę napędową, a w rezultacie powodują opóźnianie się zegara.

c. Zasady konstrukcyjne

Wychwyty jest zwykle tą tajemniczą częścią czasomierza, która mniej wprawnym i niedoświadczonym zegarmistrzom sprawia niemało kłopotu. Dokładniejsze poznanie wychwytyów kotwicznych udostępnił zegarmistrz paryski J. Wagner, żyjący w ubiegłym stuleciu. Ustalił on zasady konstrukcji tych wychwytyów zwłaszcza do większych zegarów. Podstawą tych zasad jest konstrukcja stycznych dająca takie położenie palet kotwicy, w jakim siła napędu działająca na kole wychwytowym jest najlepiej wykorzystana.

Przypominamy, że styczną nazywamy linię prostą stykającą się w jednym punkcie z obwodem koła.



Rys. 91. Konstrukcja stycznych

W celu wyznaczenia odległości osi kotwicy M (rys. 91) od osi koła wychwykowego O , należy wykreślić dwie styczne c i d . Pierwszą czynnością będzie wyznaczenie na obwodzie koła wychwykowego dwóch punktów A i B , przez które prowadzimy styczne. W jaki sposób wyszukuje się te punkty? We wszystkich wychwytach kotwicznych palety obejmują na kole wychwyty pewną ilość całych podziałek i ze względu na grubość palet zaw-

sze jeszcze połowę podziałki. Mówi się więc, że kotwica obejmuje np. dwie i pół podziałki albo $6\frac{1}{2}$, $8\frac{1}{2}$, a nawet $12\frac{1}{2}$ podziałki. Ilości te ustala się odpowiednio do rodzaju wychwyty i liczby zębów koła wychwytyowego. Po ustaleniu ilości zębów obejmowanych przez palety obliczamy kąt α rozstępu palet¹⁾, odmierzamy go po połowie symetrycznie po obu stronach linii osiowej i wykreślamy jego ramiona, aż do przecięcia się tych ramion z obwodem koła wychwytyowego w punktach A i B. Następnie dzielimy konstrukcyjnie te ramiona na połowy liniami a i b , wskutek czego otrzymujemy przecięcie się tych linii na osi w punkcie C. Z punktu C zataczamy okrąg promieniem CO i uzyskujemy przecięcie się tego okręgu z linią osiową w punkcie M. Punkt M jest osią obrotu kotwicy.

Im więcej zębów palety obejmują, tym wyżej nad obwodem koła wychwytyowego przecinają się styczne, wyznaczając odleglejszy punkt obrotu osi kotwicy, i tym dłuższe są jej ramiona. W zegarkach o wychwyty kotwicy koło wychwytyowe ma zwykle 15 zębów, a palety obejmują $2\frac{1}{2}$ podziałki. Natomiast w zegarach o kole wychwytyowym, np. z 30 zębami, palety obejmują zwykle $6\frac{1}{2}$ podziałki, a przy większej ilości zębów — więcej. Według dawnych zasad, przy kole wychwytyowym z 30 zębami, palety obejmowały nawet $12\frac{1}{2}$ podziałki. Widzimy więc, że obecnie stosuje się mniejszą rozwartość kotwicy.

Ustalając ilość zębów koła wychwytyowego zależy nam na tym, aby ilość ta była możliwie jak najmniejsza. Z drugiej zaś strony, gdyby koło wychwytyowe miało zbyt mało zębów, wówczas pozostałym kołom należałoby zwiększyć liczbę zębów lub zmniejszyć zębnikom, przez co byśmy uzyskali nieproporcjonalnie duże stosunki przełożenia. Przy mniejszej podziałce koła wychwytyowego czyli przy większej ilości zębów, ginie stosunkowo duża część ruchu koła wskutek odpadu, który zależy od stopnia dokładności zajmuje zawsze pewną część obwodu

1) Sposób obliczenia podany jest nieco dalej w tym samym rozdziale.

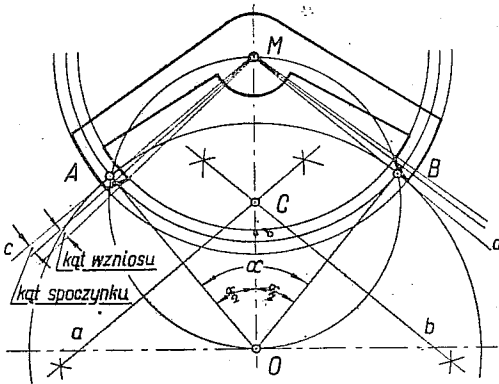
tego koła. Korzystniejsza jest więc większa podziałka, czyli mniejsza liczba zębów koła wychwykowego.

Nasuwa się tu pytanie czy by nie można było powiększyć średnicy koła wychwykowego, aby wskutek tego uzyskać większą podziałkę. Otóż zwiększanie koła wychwykowego czasem jest niemożliwe, gdyż przy zwykłej budowie zegarów ograniczony jest odstęp osi między kołem pośrednim a zębnikiem koła wychwykowego; ogólnie zaś jest niekorzystne, ponieważ duże koło wychwykowe ma większą bezwładność, wskutek czego wymagać będzie więcej energii napędowej, aby zapewnić dostateczny nacisk na palety kotwicy. Powoduje to uderzenia i szybsze zużycie palet i zębów. Ponadto powiększenie średnicy koła wychwykowego powoduje zwiększenie strat na tarcie palet o zęby.

Z powyższych rozważań wynika, że dobranie odpowiedniej ilości zębów koła wychwykowego oraz jego wielkość jest sprawą bardzo ważną. Praktyka wykazuje, że do zegara z wahadłem sekundowym, które robi 3600 pojedynczych wahnięć na godzinę, najlepiej odpowiada koło wychwykowe z 30 zębami.

Wielkość kotwicy, jak wspomnieliśmy, zależy od ilości obejmowanych zębów koła wychwykowego przez palety. Jednak wielkość tę wyraża się zwykle nie w ilości obejmowanych podziałek, lecz raczej w stopniach rozwartości kąta, którego wierzchołek leży w środku koła wychwykowego. Kąt ten (rys. 92) nazywamy *kątem rozstępu palet* (rozwarcia kotwicy). Jeżeli na przykład u koła z 30 zębami palety obejmują $6\frac{1}{2}$ podziałki, to kąt rozstępu palet jest równy iloczynowi stopni objętych jedną podziałką, przez ilość obejmowanych podziałek. Dzieląc zatem 360° przez 30 zębów, wypada na jedną podziałkę 12° , a ponieważ palety obejmują $6\frac{1}{2}$ podziałki, wobec tego kąt rozstępu palet wynosi 78° . Natomiast u koła o 40 zębach kąt rozstępu palet obejmujący $7\frac{1}{2}$ podziałki, będzie miał $67^\circ,5$ ($360 : 40 \cdot 7,5 = 67^\circ,5$). W praktyce okazało się, że najlepiej jest, gdy palety obejmują $\frac{1}{5}$ obwodu koła wychwykowego plus $\frac{1}{2}$ podziałki.

Jak wspomnieliśmy poprzednio, wierzchołek kąta α rozstępu palet (rys. 92) znajduje się w środku koła wychwytywego O . Ramiona tego kąta przecinają obwód koła tworząc punkty A i B . Jeżeli przez te punkty poprowadzimy styczne c i d , to otrzymamy punkt M , będący osią obrotu kotwicy. Od tego punktu idą ramiona *kątów spoczynku*, jak również *kątów wzniosu* dla obydwu palet. Przez kąt spoczynku rozumie się ten kąt obrotu kotwicy, podczas którego ząb koła wychwytywego spoczywa na palecie.



Rys. 92. Konstrukcja wychwytyw kotwicznych

Kąt wzniosu ogranicza długość wzniosu, czyli drogę, którą odbywa kotwica, podczas gdy ząb koła wychwytywego ślizga się po powierzchni wzniosu. Dla wychwytyw spoczynkowych ustalanie kątów wzniosu nie jest trudne, gdyż kąt ten na palecie jest odgraniczony krawędziami. Natomiast przy wychwytywach cofających powierzchnia wzniosu nie ma wyraźnej granicy z powierzchnią straconej drogi. W tym przypadku kąt wzniosu obejmuje tylko ten ruch kotwicy, który liczy się od punktu spadnięcia zęba koła wychwytywego na paletę aż do jej końcowej krawędzi.

Konstrukcję wychwyty poznaje się najlepiej, gdy go się rysuje. W tym celu zamieszczamy rysunki konstrukcyjne różnych wychwytych stosowanych w zegarach wieżowych i opisujemy je szerzej, aby Czytelnik, chcąc gruntownie poznać wychwyty, mógł je nakreślić. Dla bardziej zaawansowanych Kolegów wystarczy przestudiowanie rysunku, aby przypomnieć sobie szczegóły danego wychwyty.

d. Wychwyty Grahama z długą kotwicą

W pierwotnych wychwytych Grahama zęby koła wychwytyowego miały nieco inny kształt niż w obecnie produkowanych. Palety zaś obejmowały aż $11\frac{1}{2}$ lub $12\frac{1}{2}$ podziały, czyli przeszło $\frac{1}{3}$ obwodu koła wychwytyowego, wskutek czego kotwica musiała mieć długie ramiona. Niektórzy konstruktorzy projektowali takie kotwice, których ramiona schodziły się zaraz nad kołem wychwytyowym, a do punktu obrotu kotwicy prowadziło już tylko jedno ramię. Czasem ramię to było rozcięte (rys. 93) w celu umożliwienia regulacji rozwartości kotwicy.

Do narysowania wychwyty Grahama z długą kotwicą przyjmujemy następujące założenia konstrukcyjne:

Koło wychwytyowe — 30 zębów.

Średnica koła wychwytyowego — 150 mm.

Palety mają obejmować $11\frac{1}{2}$ podziały.

Kąt wzniosu — 1° .

Kąt spoczynku — $20'$ (20 min., czyli $\frac{1}{3}$ stopnia).

Szerokość palety — $\frac{3}{8}$ podziały.

Całą konstrukcję tego wychwyty widzimy na rys. 93. Przyступujemy teraz do szczegółowego wyjaśnienia w jaki sposób go się wykreśla.

Najpierw rysujemy punktową linię osiową y , na której zaznaczamy punkt obrotu koła wychwytyowego F , w takiej odległości od dolnego brzegu karty rysunkowej, żeby cała konstrukcja zmieściła się na danym arkuszu. Z punktu F zakreślamy

75-milimetrowym promieniem koło wierzchołkowe¹⁾ zębów koła wychwytowego p , a następnie z tego samego punktu wyprowadzamy dwie proste f ograniczając rozstęp palet²⁾.

Przed tym jednak musimy obliczyć, ile stopni wynosi kąt rozstępu palet, jeżeli mamy dane, że palety obejmują $11\frac{1}{2}$ podziałki, a koło wychwytowe ma 30 zębów. Ponieważ koło ma 360° , to przy kole z 30 zębami na jedną podziałkę wypada 12° ($360^\circ : 30 = 12^\circ$). Natomiast kąt rozstępu palet obejmujący $11\frac{1}{2}$ podziałki będzie wynosił 138° ($12^\circ \cdot 11\frac{1}{2} = 138^\circ$). Odmierzamy więc ten kąt symetrycznie do linii osiowej y po 69° , a następnie prowadzimy linie f , aż do przecięcia się z kołem wierzchołkowym p , a punkt przecięcia się tych linii znaczymy literą C .

Dzielimy teraz konstrukcyjnie odcinki FC na połowę, wskutek czego prostopadłe dzielące te odcinki dają nam w przecięciu się punkt B . Następnie z punktu B zakreślamy koło d , które przechodzi przez punkt F oraz przecina u góry linię y , dając nam punkt A , będący środkiem wałka kotwicy, czyli osią jej obrotu. Obydwie styczne i oraz m kreślimy z punktu A przez punkty C .

Po obu stronach punktu C na stycznej odmierzamy po połowie szerokość palet, która wynosi w tym przypadku $\frac{3}{8}$ podziałki. Przez otrzymane w ten sposób punkty E i D zakreślamy z punktu A dwa okręgi palet e oraz g .

Celem uzyskania kąta spoczynku kreślimy z punktu A linię j pod kątem $20'$ od linii i . Punkt przecięcia się linii j z okręgiem palet g wyznacza nam przy palecie wyjściowej krawędź powierzchni spoczynku, czyli zewnętrzną krawędź wzniosu.

1) W kołach wychwytowych z zębami ostrymi podziałkę odmierza się na kole wierzchołkowym, które jest jednocześnie kołem podziałowym. Zachowujemy jednak dla niego nazwę istotną: koło wierzchołkowe.

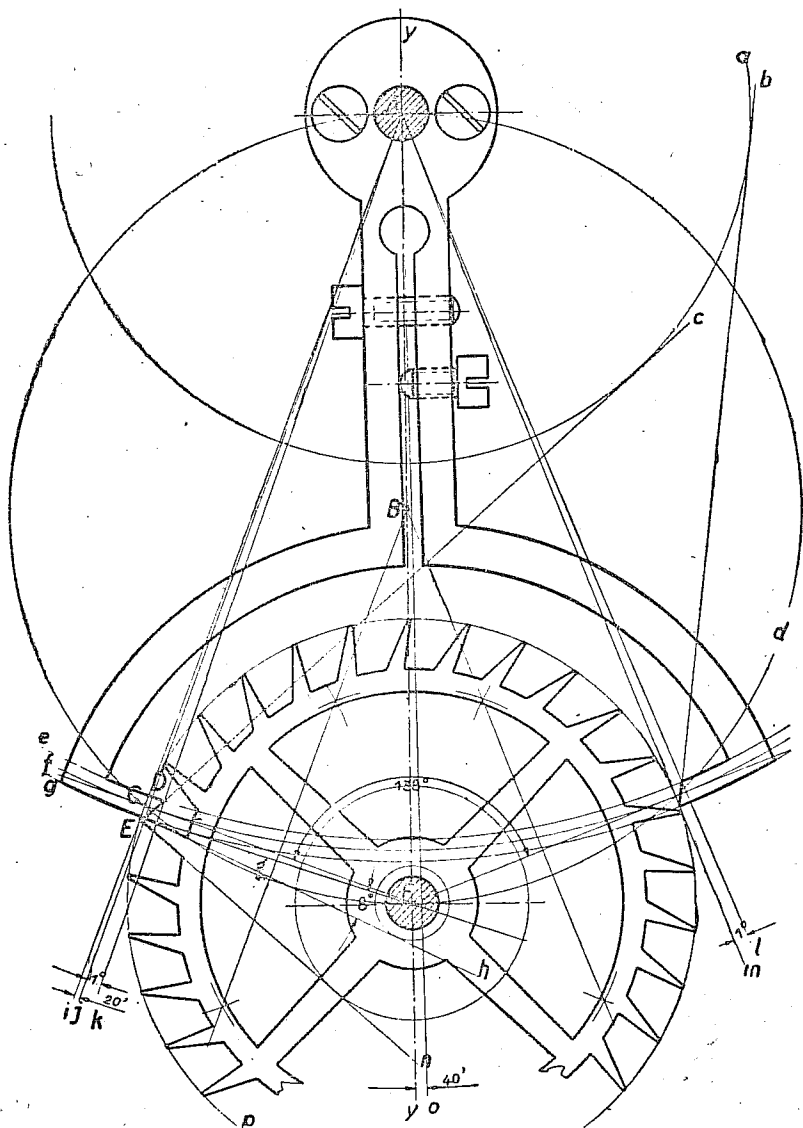
2) Jeżeli na rysunku jakież linie lub punkty występują symetrycznie, czyli po obydwu stronach osi, to oznaczenie literą linii lub punktu z jednej strony odnosi się także do linii lub punktu znajdującego się po drugiej stronie tej osi.

Natomiast przy palecie wyjściowej zewnętrzną krawędź wzniosu wyznacza nam punkt przecięcia się linii stycznej m z okręgiem palet g . Od linii j odmierzamy kąt wzniosu, który wynosi 1° , i pod tym kątem prowadzimy z punktu A drugą linię prostą k . Punkt przecięcia się linii k z wewnętrznym okręgiem palet e wyznacza zewnętrzną krawędź wzniosu, którą dla palety wyjść. tworzy linia l , a wyznacza ona jednocześnie krawędź powierzchni spoczynku. Przez połączenie punktu wyznaczającego zewnętrzną krawędź wzniosu z punktem wyznaczającym wewnętrzną jego krawędź otrzymujemy wznios palety. Linię wzniosu c przedłużamy tak, aby z punktu A można było nakreślić przy niej okrąg styczny a . Przy tym okręgu kreślimy linię styczną b , która wyznacza wznios palety wyjściowej.

Wykreślanie pozostałych części kotwicy nie sprawia już większych trudności. Należy tylko zauważyć, że punkt środkowy półkolistych ramion kotwicy w pozycji uwidocznionej na rys. 93, nakreślono z punktu przecięcia się linii o z poziomą linią osiową, który znajduje się w odchyleniu $40'$ (połowa kąta wzniosu i kąta spoczynku) od osi y . Kotwica ta jest w środku do pewnego miejsca przecięta i zaopatrzona wkretkami nastawczymi, celem umożliwienia regulacji rozwartości kotwicy.

Nachylenie przedniego boku każdego zęba koła wychwyto-
wego wynosi 8° , które odmierzamy przy pierwszym zębie i prowadzimy linię prostą h w pobliżu środka koła wychwyto-
wego. Następnie z punktu F wykreślamy do tej prostej okrąg styczny, który będzie nam służył do wykreślenia pozostałych zębów.

Natomiast nachylenie tylnego boku zęba tak projektujemy, aby końcowe krawędzie palet nawet przy dużych wahnięciach kotwicy nie dotykały zębów. Przedłużając tylny bok jednego zęba kreślimy linię prostą n i zataczamy okrąg styczny do tej linii. Przy pomocy tego okręgu rysujemy tylne boki pozostałych zębów. W końcu uzupełniamy konstrukcję dorysowaniem ramion i piasty koła wychwyto-
wego oraz pozostałych szczegółów kotwicy.



Rys. 93. Konstrukcja wychwyty Grahama z długą kotwicą

e. Wychwyty Grahama z wymiennymi paletami

Początkowy wychwyty Grahama z biegiem czasu udoskonalono. Zmniejszono więc kotwicę, aby palety obejmowały mniej zębów koła wychwytyowego. Wskutek tego dokładność chodu znacznie się zwiększyła. Zęby koła wychwytyowego uległy także pewnym poprawkom. Również dużym ulepszeniem było zastosowanie wymiennych palet, wskutek czego po ich zużyciu nie potrzeba już zmieniać całej kotwicy, lecz tylko same palety, jeżeli zaś zużycie jest małe, to można palety odkręcić, odpowiednio doszlifować i z powrotem do kotwicy przykręcić.

Rys. 94 przedstawia konstrukcję takiego ulepszonego wychwyty Grahama do zegara wieżowego. Do narysowania tego wychwyty przyjmujemy następujące dane konstrukcyjne:

Koło wychwytyowe — 30 zębów.

Średnica koła wychwytyowego — 200 mm.

Palety mają obejmować $6\frac{1}{2}$ podziałki.

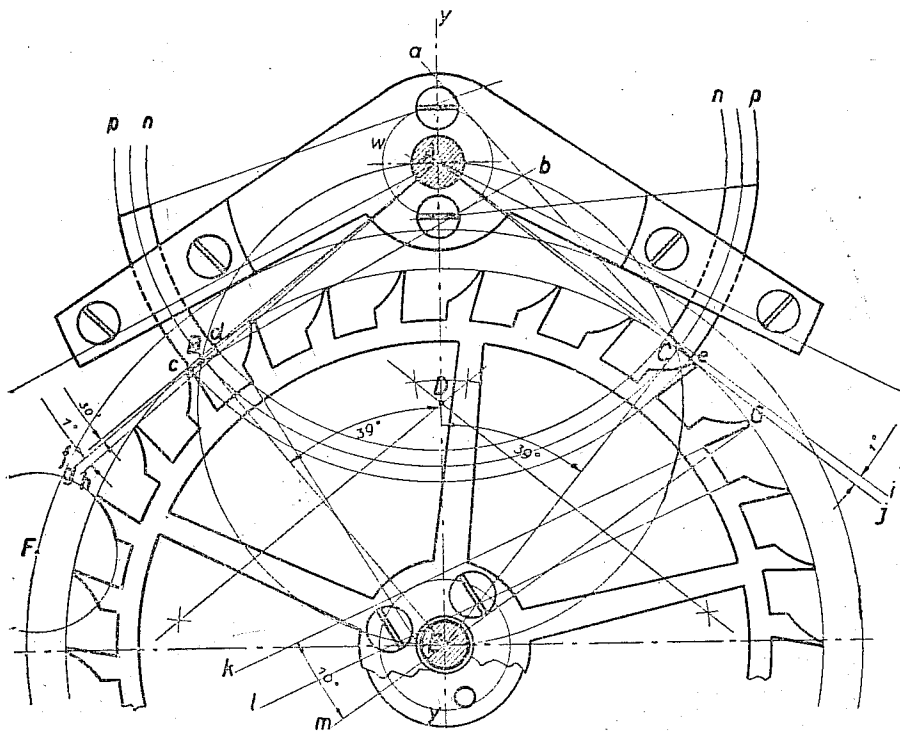
Kąt wzniosu — 1° .

Kąt spoczynku — $30'$.

Szerokość palety — $\frac{3}{8}$ podziałki.

Wykreślanie tego wychwyty przeprowadza się w sposób podobny do tego, jaki podaliśmy przy opisie poprzedniego wychwyty Grahama. Na osi y znaczymy punkt środkowy koła wychwytyowego E . Z tego punktu wykreślamy koło wierzchołkowe zębów i wyprowadzamy kąt rozstępu palet wynoszący 78° ($360^\circ : 30$ zębów = 12° ; $12^\circ \cdot 6\frac{1}{2}$ podziałki = 78°). Punkty przecięcia się ramion (linii) kąta rozstępu palet z kołem wierzchołkowym znaczymy literami B oraz C . Przez nakreślenie prostopadłych do odcinków EB oraz EC dzielących je na połowy, otrzymujemy z ich przecięcia na linii osiowej y punkt D , z którego zakreślone koło przecina nam punkty B , E , C oraz wyznacza na przecięciu linii y nowy punkt A . Ten ostatni punkt A jest właśnie środkiem wałka kotwicy, z którego prowadzimy linie styczne f oraz j przez punkty B i C .

Szerokość palet, określoną na $\frac{3}{8}$ podziałki, odmierzamy z punktu B po połowie w obydwie strony na kole wierzchołkowym i w ten sposób otrzymujemy punkty c oraz d, a przez nie prowadzimy z punktu A okręgi palet p oraz n.



Rys. 94. Konstrukcja wychwyty Grahama z wymiennymi paletami

Kąt spoczynku wynoszący $30'$ odmierzamy od linii stycznej f w dół, otrzymując w ten sposób linię g , a od niej jeszcze o $1'$ niżej, ostatnią linię h , która ogranicza kąt wzniosu.

Zarys wzniosu otrzymujemy podobnie jak to wskazano na poprzednim rysunku, łącząc mianowicie punkty przecięcia się linii g i h z okręgami palet p i n . Przedłużeniem wzniosu jest linia b .

Przez nakreśleniu z punktu A , okręgu w stycznego do linii b , otrzymujemy podstawę do wykreślenia linii a , tworzącej wznios palety wyjściowej.

Odwrotne końce palet otrzymują identyczny wznios przez nakreślenie stycznych do tego samego okręgu w , jak widzimy na rys. 94. Wznios po obydwu końcach palet daje się dlatego, aby po zużyciu się pracujących powierzchni można było palety odwrócić. Niektóre wytwórnice wykonują takie palety, że jeden ich koniec może pracować „na wejściu“, a drugi „na wyjściu“.

Długość palet może być dowolna. Należy jednak przy ustalaniu tego wymiaru zachować odpowiednią proporcję do wielkości danego koła wychwykowego i kotwicy.

Ze względu na krótsze ramiona kotwicy, nachylenie zębów w stosunku do promienia koła wychwykowego m przyjmujemy 10° , dlatego, żeby krawędź palety wyjściowej nie cofała koła wychwykowego. Przedłużając przedni bok zęba linią k , kreślimy z punktu E okrąg styczny, przy pomocy którego wykreślamy wszystkie zęby. Przed tym jednak odmierzamy wszystkie punkty podziałek, poczynszyszy od punktu c .

Wysokość zęba powinna wynosić $1/7$ do $1/5$ promienia koła wychwykowego. Tylny bok zęba kreślimy w ten sposób, że prosta część, wynosząca $1/3$ jego wysokości, jest równoległa do przedniego boku następnego zęba (linie k , l). Natomiast wielkość wycięcia górnej części zęba przedstawia nam okrąg zakreślony z punktu F . Dorysowaniem brakujących jeszcze szczegółów koła wychwykowego oraz kotwicy wykończamy konstrukcję całego wychwytu.

f. Wychwyty Grahama ze wzniosem na zębie i palecie

Dwa poprzednio opisane wychwyty Grahama mają koła wychwytowe z cienkimi zębami. Dlatego do zwykłych zegarów wieżowych są one rzadziej używane, ze względu na niebezpieczeństwo pokrzywienia się lub nawet połamania zębów w cza-

sie silnych wiatrów. Koła te jednak nadają się do zegarów wieżowych zaopatrzonych w pośrednie napędy wychwytywów, w których siła napędowa jest stale jednakowa.

Natomiast w tych zegarach, gdzie nie ma napędów pośrednich, a siła napędowa jest stosunkowo duża lub — co gorsza — zmienna, zęby koła wychwytywego muszą być mocniejsze a więc i szersze. Jeżeli zaś poszerzymy zęby koła wychwytywego, to palety musimy zwięzić, aby umożliwić działanie wychwyty. Wiemy jednak, że przy węższych paletach wzniosy będą krótsze, wskutek czego paleta otrzyma słabszy impuls, co dla działania wychwyty będzie niekorzystne. Ale i w tych okolicznościach konstruktorzy znaleźli dobre rozwiązanie umieszczając wznios nie tylko na paletach, ale i na zębach. Jest rzeczą oczywistą, że w takim wypadku palety muszą być o tyle węższe, o ile zęby są szersze.

Należy tu zaznaczyć, że w takim wychwycie spadek zęba na paletę jest mniejszy o szerokość wierzchołka zęba koła wychwytywego. Dzięki temu zmniejsza się do minimum strata siły napędowej oraz szkodliwe działanie wstrząsów regulatora, wywoływane silnym spadkiem zęba na paletę, a jednocześnie zmniejsza się także zużywanie się palet.

Wychwyty ten bywa więc zalecany do zegarów wieżowych, zwłaszcza do tych, które nie mają napędów pośrednich. Nazywamy go „wychwytem Grahama ze wzniosem na zębie i palecie“. Konstrukcja tego wychwyty przedstawiona jest na rys. 95.

Do narysowania tego wychwyty przyjmujemy następujące dane konstrukcyjne:

Koło wychwytywowe — 30 zębów.

Średnica koła wychwytywego — 200 mm.

Palety mają obejmować $6\frac{1}{2}$ podziałki.

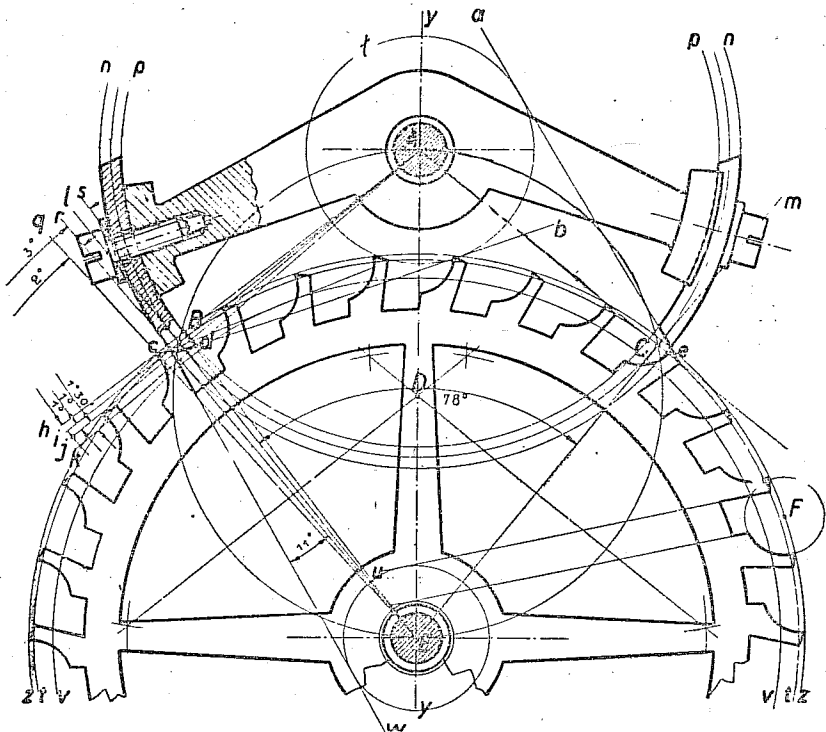
Kąt wzniosu na palecie — $1^{\circ} 30'$, a na zębie 1° .

Kąt spoczynku — 1° .

Szerokość palety — 3° .

Szerokość zęba — 2° .

Najpierw kreślimy linię osiową y , na której znaczymy punkt E . Z tego punktu wykreślamy koło podziałowe t oraz kąt roz-



Rys. 95. Konstrukcja wychwytu Grahama ze wzniosem na zębie i pałecie

stępu palet 78° , ograniczony liniami l , m , odmierzony symetrycznie po 39° od linii y . Oś obrotu kotwicy A wyznaczamy za pomocą okręgu zatoczonego z punktu D wyznaczonego przez prostopadłe do linii l oraz m , przecinające się na linii y . Z punktu A prowadzimy dwie linie styczne i , prostopadłe do linii l i m .

Szerokość palety, tj. 3^0 , odmierzamy symetrycznie do linii l i prowadzimy dwie linie r i s . Przez punkty przecięcia się tych linii z kołem podziałowym t wykreślamy z punktu A okręgi palet n oraz p . Od linii i w górę odmierzamy 1^0 na kąt wzniosu zęba i ograniczamy go linią h .

Następnie od linii r znaczymy kąt szerokości zęba 2^0 i ograniczamy go linią q . Punkt przecięcia się prostych q oraz h oznaczamy literą c . Z punktu E przez punkt c , zakreślamy koło z , które jest kołem wierzchołków zębów. W ten sposób możemy nakreślić wznios na zębach łącząc punkty przecięcia się koła podziałowego t z linią r oraz punktem c . Rozmieszczenie zębów koła wychwytowego przeprowadzamy tak samo, jak przy wychwytach poprzednio opisanych, rozpoczynając odmierzanie podziałki od spoczynku na palecie wejściowej.

W celu wykreślenia palety odmierzamy 1^0 w dół od linii i dla kąta spoczynku oraz $1^0 30'$ dla kąta wzniosu palety i wyciągamy linie j oraz k . Następnie łącząc punkty przecięcia się tych linii z okręgami palet, wykreślamy wznios palety wejściowej. Po przedłużeniu linii wzniosu b , wykreślamy do niej pomocniczy okrąg styczny l . Wznios palety wyjściowej powstaje przez nakreślenie linii stycznej a do pomocniczego okręgu l i przechodzącej przez punkt e , leżącej na kole wierzchołkowym z w miejscu przecięcia się z tym kołem zewnętrznego okręgu palet n .

Sposób umocowania palet w ramionach kotwicy widoczny jest na podłużnym przekroju palety wejściowej (rys. 95). Rzecz jasna, że i w tym wychwycie palety można zamocować podobnie jak w poprzednio opisanym. Sam sposób zamocowania palet nie wpływa przecież na jakość chodu, byle by tylko były sztywno przykręcone.

5. Wychwyty nożycowe

a. Ogólnie

Z wychwyty Grahama powstał wychwyty nożycowy, w którym zęby koła wychwytyowego zastąpiono kołkami, a ramiona kotwicy wraz z paletami zostały zbliżone do siebie, przypominając kształt nożyc, stąd też pochodzi jego nazwa. Konstruktorzy odczuwali potrzebę zastosowania tego wychwyty do zegarów wieżowych. Frezowanie bowiem stosunkowo dużych kół wychwytyowych zegarów wieżowych jest dosyć trudne, ze względu na dużą ilość skrawanego materiału oraz czasu potrzebnego na całkowitą obróbkę. Aby więc uniknąć frezowania, zaopatrzone koło wychwytyowe w silne, okrągłe, a później półokrągłe kołki, które spełniają rolę zębów. Dlatego też wychwyty ten stosuje się prawie wyłącznie w zegarach wieżowych; czasem jednak spotyka się go także w zegarach wahadłowych średniej wielkości.

Pierwszy wychwyty nożycowy wykonał francuski zegarmistrz, A m a n t, w 1741 r. Kołki koła wychwytyowego miały wówczas przekrój okrągły. W 1753 r. zegarmistrz J. Andrzej L e p a u t e (1720—1789) zmodyfikował ten wychwyty, nadając kołkom koła wychwytyowego kształt półokrągły, dzięki czemu spadek zmniejszony został do minimum.

Wychwyty nożycowy należy do wychwytyów spoczynkowych, gdyż kołki koła wychwytyowego, działające na palety, spoczywają po drodze na powierzchni spoczynku, ułożonej współśrodkowo z osią obrotu kotwicy. Kołek dopóty spoczywa na powierzchni spoczynku, dopóki paleta nie przesunie się pod nim aż do krawędzi wzniosu, wówczas bowiem kołek działa już napędzająco.

Wznios podzielony jest między paletę i kołek. Na palecie wznios jest podobny do wzniosów w innych wychwytyach spo-

czynkowych. Na kołku zaś wznios znajduje się na cylindrycznej (półokrągłej) jego części; jest więc jakby przedłużeniem wzniosu palety, gdyż działa wówczas, gdy przesuwa się po tym właśnie wzniosie.

Oś obrotu kotwicy znajduje się nie nad osią koła wychwyto-
wego, lecz z boku nad jego obwodem. Kotwica nie obejmuje tu
części obwodu koła, lecz tylko jeden kołek, który zgodnie z ru-
chem koła wychwytowego działa napędzająco na obydwie palety
zawsze z góry, czyli od osi obrotu kotwicy. Ponieważ powierzch-
nie spoczynku ukształtowane są współśrodkowo z osią obrotu
kotwicy lub, w systemie Mannhardta, z osią obrotu wahadła,
dlatego tarcie na tych powierzchniach, nawet podczas straconej
drogi jest bardzo małe.

Jeżeli na wychwyt nożycowy działa duża siła napędowa, to
kołki powinny być grubsze. Zdarza się bowiem nieraz, że kotwi-
ca zgina je lub łamie, zwłaszcza wtedy gdy mechanizm nagle
się zatrzyma, a soczewka wahadła jest dosyć ciężka. W lepszych
mechanizmach tego typu unika się łamania kołków w ten spo-
sób, że ramiona kotwicy są wykonane z dwóch oddzielnych
części, które przy większym nacisku rozchylają się sprężynu-
jąco i zaraz powracają na swoje miejsce.

Zaletą wychwyty nożycowego jest bardzo łatwe wykonanie
oraz większa odporność na wycieranie się czopów i łożysk wałka
kotwicy niż w zegarach z innymi wychwyty, gdyż nacisk koła
następuje tu tylko w jednym kierunku, wskutek czego i luzy
w czopach nie są tak szkodliwe. Dalszą zaletą wychwyty noży-
cowego jest jeszcze i to, że wobec dużej ilości kołków w kole
wychwytowym, nawet po kilkudziesięciu latach nie widać na
nich znaczniejszych śladów zużycia, a większa ilość tych
kołków pozwala na zaoszczędzenie zwykle jednego koła prze-
kładni chodu.

b. Konstrukcja wychwyty nożycowego

Chcąc należycie poznać wychwyty nożycowy, należy dokładnie przestudiować jego konstrukcję, którą podajemy na rys. 96. Do narysowania tego wychwyty przyjmujemy następujące dane:

Koło wychwytowe — 30 półokrągłych kołek.

Średnica podziałowa koła wychwykowego — 190 mm.

Średnica kołka ograniczona kątem 5° , wykreślonym ze środka koła wychwykowego.

Kąt spoczynku — 1° , od osi obrotu kotwicy.

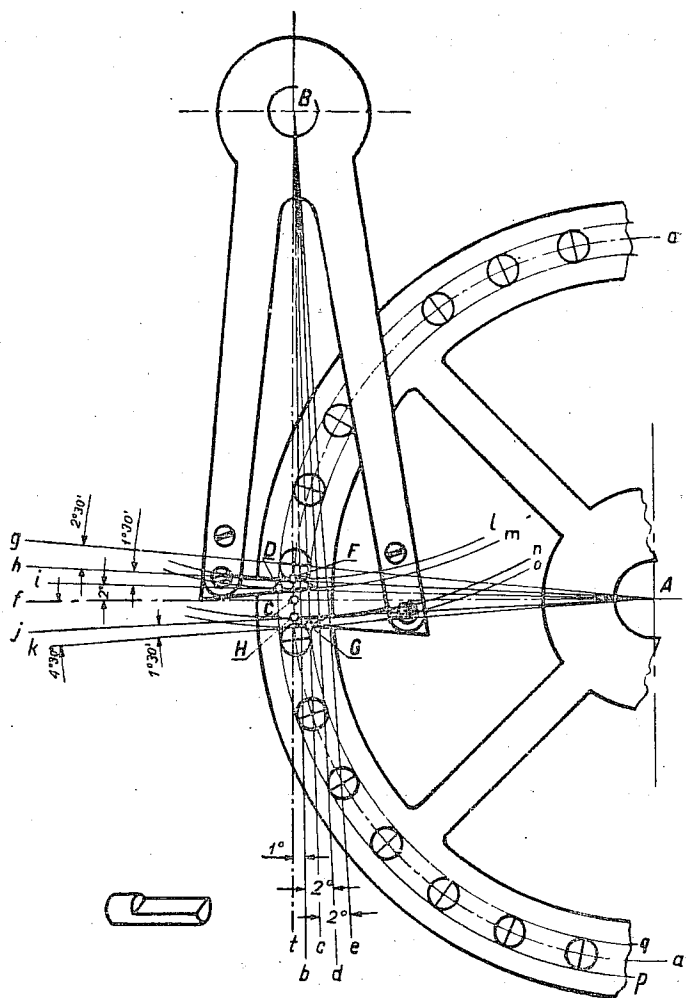
Kąt wzniosu palety — 2° , od osi obrotu kotwicy.

Szerokość palety — $1^{\circ} 30'$, od środka koła wychwykowego.

Najpierw rysujemy poziomą linię osiową f i znaczymy na niej punkt A , jako środek koła wychwykowego. Z tego punktu wykreślamy koło podziałowe a . Przecięcie się tego koła z prostą poziomą f dało nam punkt C , z którego wyprowadzamy prostą t styczną do koła podziałowego, na której ma się znajdować punkt obrotu kotwicy B .

Już od dłuższego czasu zaniechano stosowania długich ramion kotwicy, tak w zegarach domowych jak i w wieżowych, dlatego nie mogąc w tym wychwyty ustalić graficznie punktu obrotu kotwicy, przyjmuje się, że punkt ten powinien znajdować się na linii t w odległości $\frac{2}{3}$ średnicy koła wychwykowego, mierząc od punktu C w górę.

Zanim nakreślimy kąt wzniosu palet, musimy rozmieścić kołki na kole podziałowym a . Przyjmujemy, że kołek znajduje się na powierzchni spoczynku palety wejściowej. Ponieważ w kole wychwykowym ma być 30 kołek, wobec tego podziałka, czyli odległość środków kołek od siebie, wynosi 12° . Kąt ruchu koła wychwykowego podczas działania na jedną paletę wynosi łącznie z odpadem połowę podziałki, czyli 6° , z czego na kołek a raczej na połowę kołka, przeznaczamy $2^{\circ} 30'$, na szerokość palety $1^{\circ} 30'$ i na odpad 2° . Sumę tych kątów, wynoszącą razem 6° odmierza-



Rys. 96. Konstrukcja wychwyty nożycowego

my z punktu A od poziomej linii f w górę i odgraniczamy linią g, która w przecięciu z kołem podziałowym a dała środek kołka leżącego właśnie na powierzchni spoczynku palety wejściowej.

Od tej linii g odmierzamy w dół kąt $2^{\circ} 30'$, dający nam linię h , która w przecięciu z kołem a tworzy punkt F . Ponieważ mamy już środek kołka i punkt F na jego obwodzie, więc teraz wykreślamy jego obwód. Następnie od środka tego pierwszego kołka odmierzamy na kole podziałowym podziałkę po 12° dla wszystkich 30 kołków, po czym z punktu A zakreślamy zewnętrzny okrąg p i wewnętrzny okrąg q , ograniczające średnicę kołków.

W celu uzyskania szerokości palety odmierzamy $1^{\circ} 30'$ od linii h na dół i w miejscu przecięcia się nowej linii i oraz okręgu p otrzymujemy punkt D , przez który zataczamy zewnętrzny okrąg palety m , wewnętrzny zaś okrąg l prowadzimy przez punkt F .

Kąt spoczynku 1° odmierzamy z punktu B od stycznej t w prawo i ograniczamy go linią b ; od tej linii odmierzamy 2° na kąt wzniosu, który ograniczamy linią d . Teraz łączymy punkt przecięcia się linii b i wewnętrznego okręgu palety l z punktem przecięcia się linii d i zewnętrznego okręgu palety m , wskutek czego otrzymujemy wznios palety wejściowej.

Następnie ustalamy położenie palety wyjściowej. Od linii f odliczamy w dół $4^{\circ} 30'$ i wykreślamy z punktu A linię k . Od tej linii w górę odmierzamy $1^{\circ} 30'$ i kreślimy linię j , która przecina koło podziałowe a w punkcie H . Przez ten punkt H zataczamy wewnętrzny okrąg palety n , zewnętrzny zaś okrąg o prowadzimy przez punkt G leżący na przecięciu okręgu q i linii k .

Z punktu obrotu kotwicy B prowadzimy przez punkt G prostą c i odmierzamy w prawo kąt wzniosu 2° . Kąt ten ograniczamy linią e . Następnie łącząc punkt G z punktem przecięcia się linii e z wewnętrznym okręgiem palety n , otrzymujemy wznios palety wyjściowej.

Powierzchnie spoczynku obydwóch palet znajdują się na wewnętrznych okręgach palet l lub n . Dolne powierzchnie palet kreśli się liniami prostymi, czasem pochylonymi nieco w dół, ażeby wzmocnić palety przy nasadzie, które narażone są w tym miejscu na odgięcie lub złamanie. Palety wykuwa się ze stali

w kształcie kątowników, które potem przykręca się do ramion kotwicy.

Ścięcie cylindrycznych kołek koła wychwytowego do połowy swej grubości uwidocznione jest obok na rys. 96. Ilość ramion dobiera się zależnie od wielkości koła wychwytowego. Najczęściej spotyka się cztery lub sześć ramion o przekroju półokrągłym lub owalnym.

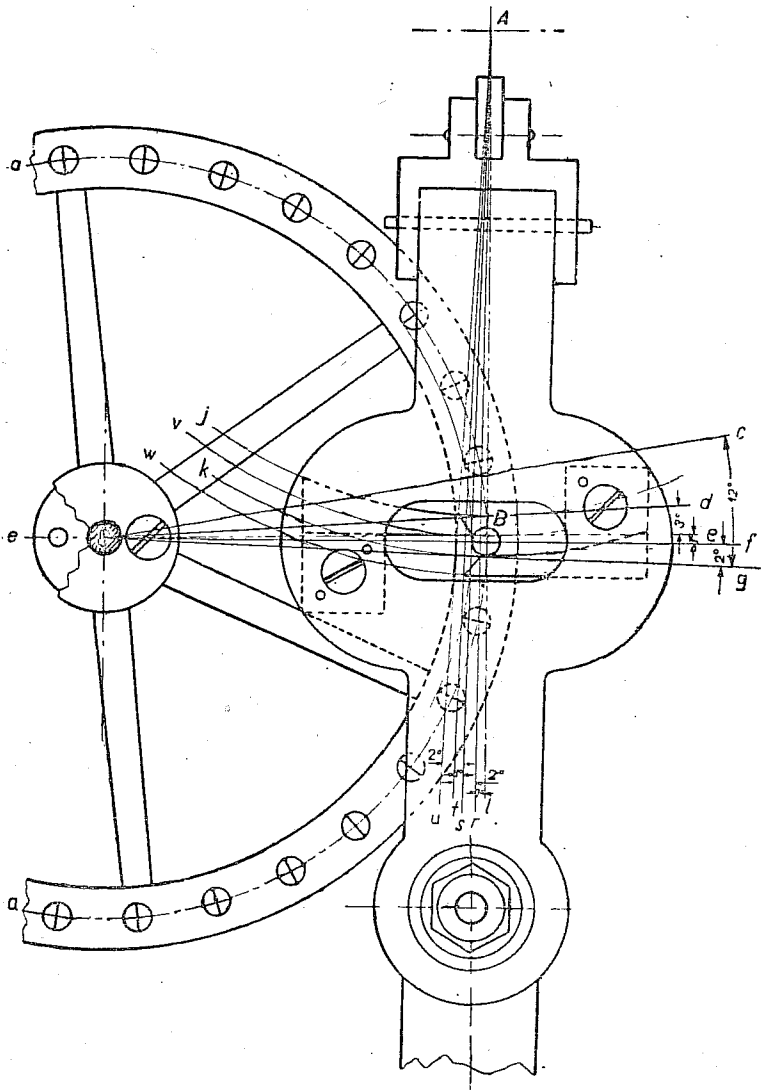
c. Wychwyt nożycowy Mannhardta

Oprócz opisanego wychwytu nożycowego szerokie zastosowanie w zegarach wieżowych ma również konstrukcja wychwytu Jana Mannhardta (1798—1878). Wychwyt ten jest ulepszeniem wychwytu nożycowego.

Starsze wychwyty nożycowe mają palety umieszczone w ramionach kotwicy, albo stanowią z nią całość. Kotwica zaś obejmuje zawsze jeden kołek koła wychwytowego, z którym palety zazębiają się na przemian z lewej i z prawej strony. Oprócz tego na wałku kotwicy znajdują się widełki przenoszące impuls na wahadło. Ponieważ siła napędowa zegarów wieżowych jest stosunkowo duża, dlatego widełki te i ramiona kotwicy, szczególnie gdy nie są dostatecznie grube, silnie sprężynują podczas działania.

Natomiast w konstrukcji Mannhardta nie ma wcale kotwicy i widełek. W wychwycie tym przenoszenie impulsu na wahadło odbywa się bezpośrednio, ponieważ palety przykręcone są wprost do pręta wahadła. W ten sposób unika się wspomnianych drgań i sprężynowania kotwicy.

Koło wychwytowe tego wychwytu jest takie same jak w wychwycie nożycowym. Ma ono zwykle 60, a czasem nawet 90 kołek. Jeżeli więc w takim zegarze jest wahadło sekundowe, to koło to obraca się raz na dwie lub trzy minuty. Natomiast koło napędowe obraca się zwykle raz na godzinę. Wobec tego cały mechanizm chodu składa się właściwie tylko z dwóch kół,



Rys. 97. Konstrukcja wychwyty Mannhardta

tj. koła napędowego i koła wychwytowego oraz jednego zębika umieszczonego na osi koła wychwytowego.

Pierwszy zegar konstrukcji Mannhardta został umieszczony na kościele protestanckim w Monachium w roku 1833.

Zegary z takim wychwytem spotyka się w Polsce często, gdyż były one budowane w byłej fabryce Michała Mięśowicza w Krośnie.

Wychwyty Mannhardta ma tę ujemną stronę, że gdyby wahadło wraz z paletami zawieszono było tylko na jednej sprężynie wahadłowej, to w razie zerwania się sprężynki, wahadło odpadłoby w dół lub w bok, a koło wychwytowe nabrałoby niebywałego rozpędu, co groziłoby katastrofą.

Konstruktorzy ze wspomnianej fabryki M. Mięśowicza przewidzieli to i zastosowali urządzenie zabezpieczające. Wahadło zawiesili na dwóch sprężynkach, a na górnym końcu pręta wahadła przymocowali „oko“ obejmujące siodełko, w którym osadzone są górne oprawki sprężynek w odstępach 10—15 cm od siebie. W razie pęknięcia jednej lub obydwóch sprężynek, wahadło nie odpadnie całkowicie, lecz tylko kilka milimetrów w dół i zawiśnie na siodełku. Oczywiście, zegar się zatrzyma, ale jeden z kołków koła wychwytowego oprze się o paletę i dalej koło się nie obróci.

W celu dokładnego zaznajomienia się z wychwytem Mannhardta prześledźmy rys. 97, którego dane konstrukcyjne są następujące:

Koło wychwytowe — 30 półokrągłych kołków.

Średnica podziałowa koła wychwytowego — 207 mm.

Średnica kołka — $\frac{1}{3}$ podziałki albo kąt 4° mierzony ze środka koła wychwytowego.

Kąt spoczynku — 1° mierzony od linii gięcia się sprężynki wahadła.

Kąt wzniosu palety — 2° .

Kąt odpadu — 1° .

Szerokość palety — 3° , mierzona ze środka koła wychw.

Najpierw zataczamy koło podziałowe a , którego punkt środkowy na rys. 97 zaznaczony jest literą C . Przez ten punkt prowadzimy poziomą linię osiową e aż do przecięcia się z kołem podziałowym a w punkcie B . Następnie kreślimy linię l , która jest prostopadłą do linii osiowej e i jednocześnie styczną do koła podziałowego w punkcie B . Na prostej l znaczymy punkt obrotu wahadła A w odległości $\frac{2}{3}$ średnicy koła podziałowego od punktu B . Następnie od prostej e odmierzymy w dół kąt odpadu 1^0 i odcinamy go linią f . Przyjmujemy, że na przecięciu tej nowej linii f z kołem podziałowym a leży punkt środkowy kołka. Od niego więc odmierzymy podziałki wyznaczając punkty środkowe wszystkich kołków. Od linii f odmierzymy w dół 2^0 i prowadzimy linię g ograniczającą obwód kołka.

Od linii e w górę odmierzymy kąt 3^0 dla szerokości palety wejściowej i odgraniczamy go linią d . Przez punkt przecięcia się linii d z linią pionową l oraz przez punkt B wykreślamy okręgi palety v oraz j . Taką samą szerokość odmierzymy w dół dla palety wyjściowej od linii g stycznej do kołka i znowu zataczamy okręgi palety k oraz w .

Mając już nakreślone kołki oraz szerokość palet odmierzymy teraz od linii stycznej l w lewo kąt spoczynku 1^0 i odgraniczamy go linią r . Od tej linii odmierzymy dalej kąt wzniosu 2^0 i odcinamy go linią t . Punkt przecięcia się linii r i okręgu wyjściowej palety k łączymy linią prostą z punktem przecięcia się linii t i okręgu palety w , wskutek czego otrzymaliśmy wznios palety wyjściowej.

Następnie kreślimy linię s , styczną do kołka spoczywającego na wyjściowej palecie. Od tej linii s odmierzymy kąt wzniosu 2^0 i odgraniczamy go linią u . Połączenie linią prostą odpowiednich punktów przecięcia się linii s i u z okręgami palety wejściowej v oraz j dały nam wznios palety wejściowej.

W końcu uzupełniamy konstrukcję dorysowaniem brakujących jeszcze szczegółów koła wychwykowego, palet oraz pręta wahadła, który w tym wychwycie spełnia również rolę kotwicy.

Wahadło to bywa wykonane z drewna i ma w odpowiednim miejscu urządzenie zawiasowe usztywnione silną śrubą, której sześcioboczną nakrętkę widzimy na rys. 97. Urządzenie to służy do ustawienia chodu. Górna część pręta wahadła ma mosiężną oprawę do zamocowania sprężynki wahadła. W miejscu, gdzie palety przymocowywane są do pręta wahadła, w środku tego pręta, między paletami znajduje się podłużny otwór, umożliwiający obserwację działania kołków na palety.

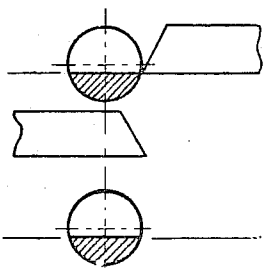
d. Ulepszenia wychwytywów nożycowych

Oprócz opisanego już wychwyty Mannhardta, w wychwyty nożycowym wprowadzone były różne poprawki i ulepszenia. W większości wypadków chodziło o zmianę kształtów kołków, co oczywiście pociąga za sobą i pewne poprawki palet.

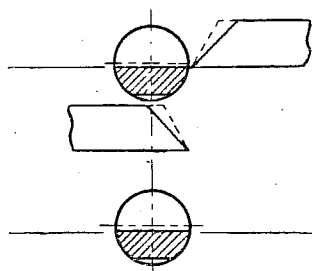
Początkowo okrągłe kołki zastąpiono półokrągłymi, ściętymi. Później ścięcie to zwiększano aż do $\frac{2}{3}$ średnicy kołka. Ścięcia te robiono w tym celu, aby uzyskać słabsze uderzanie kołków w palety. Jednak takie ścinanie kołków, mimo że z jednej strony było praktyczne, to jednak miało i ujemne strony. Pomijając już względy wytrzymałościowe, osłabiało impuls udzielany wahadłu, dlatego że kąt wzniosu palet musiał wtedy być mniejszy, a oprócz tego i wznios na kołku też wskutek ścięcia został zmniejszony. Większego wzniosu palet kosztem spoczynku robić już nie było można, co widzimy na rys. 98.

Aby zapobiec tym niedogodnościom, angielscy konstruktorzy wpadli na nowy pomysł, którego szczegóły pokazane są na rys. 99. Widzimy tu, że kołki nie tylko z wierzchu ścięte są do połowy, ale mają także ścięcie od spodu. Wskutek tego spodniego ścięcia właściwie nie zmniejsza się wzniosu kołka, lecz uzyskuje się mniejszy odpad, o który właśnie chodziło. Oprócz tego można teraz zwiększyć wznios palet, gdyż powierzchnia spoczynku kołka została zwiększona. Wskutek tego przy takim samym rozstawieniu palet można uzyskać silniejszy impuls.

Należy tu zaznaczyć, że wychwyty nożycowe z takimi właśnie ściętymi kołkami mają także swoje wady. Ścięcie to, z jednej, a tym bardziej obydwu stron, osłabia wytrzymałość kołka. Dlatego bardzo często spotyka się zegary, w których właśnie przyczyną nieregularności chodu, lub nawet całkowitego zatrzymania się, są pocięte albo wyłamane kołki. Oczywiście, może się to zdarzyć tylko w takim zegarze, w którym nie ma pośredniego napędu wychwyty, a silne wiatry szarpiąc wskazówkami, działają na koło wychwytowe.



Rys. 98. Szczegóły wychwyty nożycowego



Rys. 99. Angielskie ulepszenie tego wychwyty

Są jednak i takie odmiany ulepszonych wychwyty nożycowych, które mniej są wrażliwe na szarpnięcia wskazówkami. Jedne mają kołki umieszczone na przemian po obydwu stronach koła wychwytyowego, inne zaś mają na okrągłych kołkach ruchome rolki, a jeszcze inne zaopatrzone są w sprężynujące palety.

Wychwyty nożycowy z podobnym ulepszeniem zastosowany jest w zegarze ratuszowym we Wrocławiu. Kołki koła wychwytyowego zaopatrzone są tam w ruchome rolki, a palety mają sprężynujące i wymienne powierzchnie spoczynku i wzniosy. Rolki na kołkach mają za zadanie zmniejszyć tarcie. Jednak średnica okrągłego, i tak już grubego kołka, zwiększa się o podwójną grubość ścianek rolki. Aby więc osłabić silny spadek kołka na paletę, zastosowane są na paletach sprężynujące klapki, któ-

re amortyzują zbyt silne wstrząsy, powodowane spadem kołka na paletę.

Ulepszenia te wymagają jednak czujnej konserwacji, aby te wszystkie ruchome części istotnie należyście działały. Wychwył ten zbudowany był we Wrocławiu jeszcze w 1850 r. Pracuje więc już przeszło 100 lat.

6. Wolne wychwyty wielkich zegarów wahadłowych

a. Pierwsze próby

Każda zmiana siły napędowej w mechanizmie zegara zmienia również siłę impulsów udzielanych wahadłu, wskutek czego zmienia się także amplituda wahadła i izochronizm jego wahnięć (zwłaszcza przy większej amplitudzie), co oczywiście wpływa ujemnie na regularność chodu zegara. Z tego więc względu konstruktorzy czynili różne próby aby dopływ energii do wahadła był stały i niezmienny. Oprócz stosowania napędów pośrednich, o których pisaliśmy w poprzednich rozdziałach, pracowano nad zastosowaniem wolnego wychwyty w zegarach wahadłowych.

Pierwszy zegar z wolnym wychwytem wahadłowym skonstruował Jan Harrison (1693—1766). *Wychwył Harrisona* był o tyle odmienny od ówczesnych, że miał kotwicę dzieloną, przy czym ramiona kotwicy ułożyskowane były na oddzielnych czopach i udzielały impulsu wahadłu. Ponieważ Harrison jako wykwalifikowany cieśla znał się na gatunkach i obróbce drewna, dlatego w swoich konstrukcjach najchętniej używał tego materiału. Również i w tym zegarze nie tylko szkielec i ramiona kotwicy, wałki, a nawet łożyska wykonał z drewna. Ferdynand Berthoud, który odwiedził Harrisona w 1766 r., stwierdza, że wychwył ten pracował bez oliwienia już 45 lat. Nie był jednak szerzej stosowany, gdyż w owych czasach powstawały coraz to lepsze wynalazki w tej dziedzinie.

Inną konstrukcją był wolny wychwyty do zegarów wahadłowych zbudowany przez Józefa Winnerla (1756—1829). *Wychwyty Winnerla* (podobny w zasadach konstrukcyjnych do wychwyty przedstawionego na rys. 101) miał charakterystyczne koło wychwytowe; które zamiast zębów, zaopatrzone było na obwodzie w regularne występy. Występy te spełniały rolę wzniosów, gdyż powierzchnie wzniosów były tu częściowo na kole wychwytowym i częściowo na paletach. Kotwica była osadzona poniżej koła wychwykowego. Na tym samym wałku osadzona była pozioma dźwignia, związana razem z kotwicą. Na końcach tej dźwigni zawieszane były na cienkich nitkach dwie metalowe kulki, które na skutek wahań wahadła dotykały na przemian końców drugiej, przechylającej się dźwigni, przymocowanej poprzecznie do pręta wahadła, i w ten sposób udzielały mu impulsu.

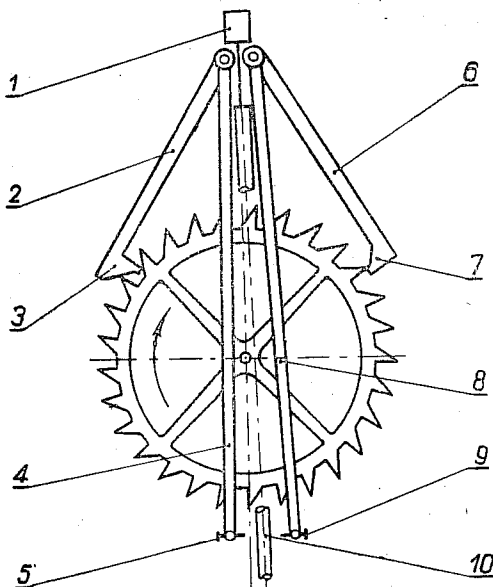
Wychwyty ten miał jednak kilka wad. Mimo że wahadło wahało się swobodnie, to jednak regularność chodu nie była całkiem zadowalająca, ponieważ wolno wiszące kulki dotykały dźwigni wahadła nie zawsze w tym samym miejscu, wskutek czego impulsy nie były jednakowe. Z tych więc względów i ten wychwyty również nie miał szerszego zastosowania, chociaż odznaczał się stosunkowo dużą trwałością i odpornością na zużycie się pracujących części.

b. Wychwyty Mudge'a

Jeden z pierwszych wolnych wychwytyów wahadłowych, którego konstrukcja z pewnymi poprawkami do dziś jest stosowana, skonstruował Tomasz Mudge (czyt. Madż; 1715—1794). Wychwyty Mudge'a przedstawiony jest schematycznie na rys. 100. Kotwica jest w nim dwudzielna, tzn. że każde jej ramie jest oddzielnie ułożyskowane i waha się niezależnie od drugiego ramienia. Ramiona te są podwójne. Na końcach krótszych, skośnych ramion 2 i 6 znajdują się palety 3 i 7. Dłuższe zaś ramiona

4 i 8 zwisają pionowo, przy czym ramię 2 związane jest sztywno na osi z ramieniem 4, a ramię 6 — z ramieniem 8.

Zęby koła wychwytywego są tutaj podobne do zębów w wychwytycie Grahama. Natomiast palety 3 i 7 różnią się znacznie od palet wychwytywów spoczynkowych. Są one tak ukształtowane, że zęby koła wychwytywego nie spadają na spoczynek, lecz na wznios palety. Po zakończeniu pracy na wzniosie nie robią odpadu, lecz czynność swą kończą na spoczynku tej samej palety.



Rys. 100. Wolny wychwyty Mudge'a do zegarów wahadłowych

Jest to możliwe dlatego, że wahadło otrzymuje tu impuls nie wskutek działania zębów koła wychwytywego po wzniosie palety, lecz wskutek siły ciężkości zwisających ramion kotwicy 4 i 8, za pośrednictwem śrub impulsowych 5 i 9. Widzimy stąd, że wychwyty Mudge'a należy do wychwytywów ciężeniowych.

Pręt wahadła 10 zawieszony na zawieszce umocowanej w siodelku 1, waha się między śrubami impulsowymi 5 i 9 dotykając ich na zmianę. Jeżeli pręt wahadła, będący w takiej pozycji

jak na rys. 100 dotknie śruby impulsowej 9, wówczas ząb koła wychwykowego spoczywający na palecie 7 zostanie zwolniony ze spoczynku, a śruba 9 pod wpływem ciężkości ramienia 8 udzieli impulsu prętowi wahadła 10. W tym czasie na stronie wejściowej ząb koła wychwykowego wchodzi na wznios palety 3 i podnosi ramię kotwicy 2 oraz odchyła ramię 4. Natomiast wahadło dążąc w lewą stronę dotknie śruby impulsowej 5, zwolni ząb spoczywający na palecie 3, wskutek czego ramię 4 za pośrednictwem śruby 5, udzieli prętowi wahadła podobnego impulsu itd.

Dzięki takiemu urządzeniu wahadło otrzymuje teoretycznie stale jednakowy impuls, zależny tylko od ciężaru zwisających ramion kotwicy, a niezależny od zmieniającej się nieraz siły napędowej mechanizmu.

Sądząc z teorii, wychwyty Mudge'a powinien by działać bardzo dobrze. Jednakże w praktyce wykazał pewne usterki. Przede wszystkim część spoczynkowa palet musi być rzeczywiście bardzo mała (mniejsza nawet niż na pół stopnia), aby wahadło łatwo zwalniało zęby koła wychwykowego ze spoczynku. Tu jednak istnieje niebezpieczeństwo, że przy małym spoczynku, a większym i nagłym nacisku zęba, koło wychwytowe może spoczynek przeskoczyć i z większą siłą uderzyć na wznios drugiej palety. Usterki te starał się usunąć Fryderyk Tiede, który dokonał pewnych poprawek w wychwyty Mudge'a, stosując np. dwudzielne palety i centryczne ułożyskowanie ramion kotwicowych.

c. Wychwyty Tiede'a

Oprócz ulepszenia wychwyty Mudge'a, Fryderyk Tiede (1794 — 1877) skonstruował jeszcze dwa wolne wychwyty do zegarów wahadłowych. Jeden z nich to wolny wychwyty sprężynowy stosowany w zegarach astronomicznych, będzie więc o nim mowa w następnej części „Zegarmistrzostwa“. Drugi zaś jest

wychwytem ciężeniowym, gdyż impuls udzielany wahadłu odbywa się w tym wychwycie za pomocą siły ciężkości dwóch ciężarków, umieszczonych na poziomych dźwigniach ciężeniowych.

Wychwyty ciężeniowy Tiede'a, uwidoczony na rys. 101 podobny jest w swych zasadach konstrukcyjnych i sposobie działania do wychwyty ciężeniowego Winnerla. Dźwignie ciężeniowe 3 i 13 umocowane są na płaskich sprężynach 2 i 12 przykręconych do górnej oprawy zawieszki wahadła 1. Te dźwignie udzielają wahadłu impulsów na skutek ciężenia ciężarków 4 i 14. Siła działających ciężarków przenoszona jest na wahadło za pośrednictwem śrub impulsowych 5 i 15, znajdujących się w końcach ramion dźwigni wahadłowej 8 i 18, przymocowanej do dolnej oprawy zawieszki wahadła. Wahadło wisi więc całkiem swobodnie na zawieszce i nie ma żadnych pomocniczych urządzeń do impulsu, gdyż czynność tę spełnia wspomniana dźwignia wahadłowa.

Zwalnianie ze spoczynku następuje na przemian po stronie wejściowej i wyjściowej wskutek podnoszenia dźwigni 3 i 13 przez kołki wznoszeniowe 6 i 16. Kołki te umieszczone są w końcach wygiętych w bok ramion dźwigni wznoszeniowej 7 i 17. Dźwignia wznoszeniowa w tym przypadku połączona jest z ramionami kotwicy, a wygięte końce jej ramion muszą sięgać aż pod dźwignie ciężeniowe 3 i 13. Dźwignia wznoszeniowa 7 i 17 bywa zwykle osadzona na wałku kotwicy.

Koło wychwytowe 19 ma 30 zębów. Jest ono podobne do koła stosowanego w wychwycie Grahama. Kotwica 9 również nie wiele się różni od grahamowskiej. Natomiast palety są już całkiem inne, gdyż składają się z dwóch części: wznoszeniowej 10 i spoczynkowej 11. Ponieważ część spoczynkowa palety umieszczona jest w kotwicy za częścią wznoszeniową, dlatego powierzchnie spoczynkowe palet nie znajdują się na początku wzniosu jak u palet w wychwycie Grahama, lecz na końcu wzniosu. Wobec tego zab koła wychwykowego spada tu nie

na powierzchnię spoczynku palety, lecz na powierzchnię wzniosu. Stąd też część wznoszeniowa palety jest prawie półtora raza szersza od podziałki. Natomiast pracująca część wzniosu wynosi około 1° .

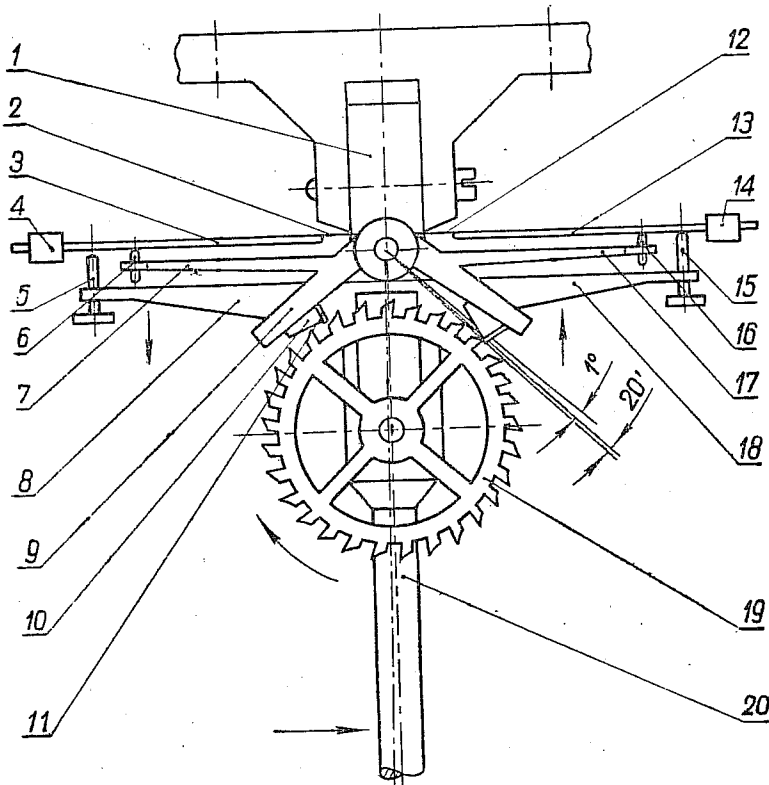
Wysokość spoczynku na palecie ograniczona jest kątem o wartości 15 do 20 minut kątowych, wykreślonym od osi obrotu kotwicy. Pracujące powierzchnie spoczynku palet mają kąt przyciągania od 12 do 15° .

Mimo tak małego kąta spoczynku nie ma tu takiej obawy jak w wychwycie Mudge'a, żeby ząb przeskoczył spoczynek albo też za wcześnie został zwolniony ze spoczynku. Można to wytłumaczyć tym, że zwolnienie ze spoczynku np. na stronie wyjściowej następuje przez dźwignię ciężeniową 3 po stronie wejściowej, tak że samo wahadło nie może spowodować zwolnienia.

Ten sposób działania uzyskuje się dzięki odpowiedniemu doregulowaniu wzajemnych ruchów wszystkich dźwigni i kotwicy oraz ustawieniu palet. Regulację dźwigni przeprowadza się śrubami impulsowymi 5 i 15, kołkami wznoszeniowymi 6 i 16, które również wkręcane są na gwint, oraz przesuwaniem ciężarków 4 i 14 na dźwigniach ciężeniowych. Natomiast wznios i odpad reguluje się ustawieniem części wznoszeniowej palety 10 oraz części spoczynkowej 11, umocowanej suwliwie w kotwicy.

Kotwica może mieć w czopach tylko taki luz, jaki jest konieczny do niezawodności działania. Podczas zwalniania zęba ze spoczynku na palecie wyjściowej kotwica może się o tyle poruszyć, o ile obniży się paleta wejściowa, zanim dotknie zęba koła wychwykowego. W tym czasie ramię 13 unoszone jest przez śrubę impulsową 15, wskutek czego kołek wznoszeniowy 16 nie styka się już z ramieniem 13, gdyż ramię to oddala się od niego. Wobec tego ciężarek 4 przeważa dźwignię wznoszeniową 7 po stronie wejściowej, co powoduje przechylenie się kotwicy i tym samym jednoczesne zwolnienie zęba koła wychwy-

towego ze spoczynku. Skoro jednak koło wychwytowe rozpocznie swój ruch, ząb koła wychwyтового po stronie wejściowej wchodzi na wznios palety i szybko przechyla kotwicę w prawo. Wahadło zaś skończyło już swoją amplitudę i wraca z powro-



Rys. 101. Wychwyt ciężeniowy Tiede'a

tem. Ponieważ dźwignia 13 nie jest teraz podparta kołkiem wznoszeniowym 16, przeto ciężarek 14 własnym ciężarem ciśnie na dźwignię wahadłową 18 za pośrednictwem śruby impulsowej 15 i udziela impulsu wahadłu, dopóki dźwignia 13 nie wesprze się znowu na kołku 16. Ruchy kotwicy i dźwigni wzno-

szeniowej odbywają się tu szybko wskutek działania siły napędowej zegara przenoszonej za pośrednictwem zębów koła wychwykowego, natomiast ruchy dźwigni wahadłowej są powolne i równomierne zgodnie z wahnięciem wahadła.

Zupełnie podobne działanie odbywa się na stronie wejściowej, gdzie śruba impulsowa 5 podnosi dźwignię 3. Wówczas po stronie wyjściowej ramię 13 styka się z kołkiem 16, ciśnie go w dół wskutek działania ciężarka 14, przy czym po stronie wejściowej następuje zwolnienie koła wychwykowego ze spoczyńku. Natomiast po stronie wyjściowej ząb koła wychwykowego wchodzi na powierzchnię wzniosu palety i powoduje podnoszenie ramienia dźwigni wznoszeniowej 17 oraz dźwigni ciężeniowej 13. W tym samym czasie wahadło otrzymuje impuls za pośrednictwem ramienia 8 i śruby 5. Po czym na stronie wyjściowej powtarza się ten sam przebieg działania, jaki opisany jest na początku.

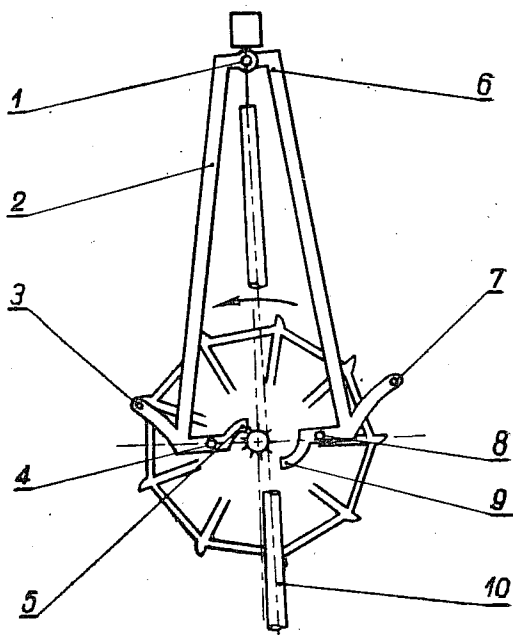
Wychwył ten można by nazwać mistrzowskim mechanizmem przemysłu zegarowego owych czasów, gdyż daje się nim uzyskać pomyślne wyniki dokładności chodu. Wymaga to jednak bardzo dokładnego doregulowania wszystkich dźwigni i śrub nastawczych, jakie znajdują się w tym wychwycie.

d. Wychwył Bloxama

W owych czasach, gdy Mudge i Tiede wynaleźli swoje wychwyty, wielu innych konstruktorów pracowało nad udoskonaleniem lub zbudowaniem wolnych wychwyłów do zegarów wahadłowych. Jednym z takich wynalazców był Bloxam. Wychwył Bloxama, uwidoczony na rys. 102, jest wychwytem ciężeniowym, różniącym się w swej konstrukcji od wychwytu Mudge'a (rys. 100) kołem wychwykowym oraz kształtem dolnej części ramion kotwicy.

Jak widzimy na rys. 102, kotwica tego wychwytu składa się również z dwóch oddzielnych i niezależnych od siebie ra-

mion 2 i 6, ułożyskowanych na wspólnej osi 1. Na tej samej wysokości zawieszono jest wahadło. Koło wychwytowe ma kształt dziewięciokąta foremego z 9 zębami rozmieszczonymi na wierzchołkach. Każdy z tych zębów w czasie spoczynku wspiera się na występach spoczynkowych 3 i 7. Przy piascie koła wychwytowego znajduje się jakby mały zębnik o dziewięciu zębami, które działają na palety 5 i 9.



Rys. 102. Wychwyt Bloxama

Z chwilą, gdy wahadło wychyli się w lewą stronę i poszerzonym w tym miejscu prętem dotknie kołka impulsowego 4 osadzonego w palecie, ząb koła wychwytowego spoczywający na występie 3 zostaje zwolniony ze spoczynku. Wówczas odpowiedni ząb „zębniaka“ działa na wznios palety 5, odchylając przy tym ramię kotwicy 2. Ramię to na skutek ciężenia opada

z powrotem i własnym ciężarem daje impuls prętowi wahadła 10 za pośrednictwem kołka impulsowego 4.

W tym czasie inny ząb koła wychwykowego spoczął na wejściowym występie spoczynkowym 7. Natomiast wahadło po otrzymaniu impulsu na stronie wyjściowej odbywa swoje wychylenie w prawo. Gdy pręt wahadła zetknie się z kołkiem impulsowym 8, znowu zwalnia ząb koła wychwykowego ze spoczynku i odchyła jednocześnie ramię kotwicy 6. Następny przebieg powtarza się jak poprzedni.

Wychwyty Bloxama nie jest wprawdzie lepszy w działaniu od wychwyty Mudge'a lecz konstrukcja jego, inna niż wychwyty wówczas znanych, dała podstawę do dalszych projektów i ulepszeń wolnych wychwyty stosowanych w zegarach wahadłowych.

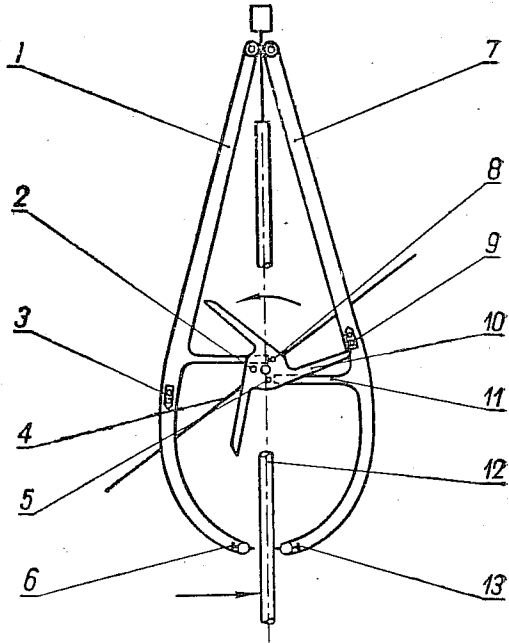
e. Wychwyty Denisona

Z chwilą, gdy stała się aktualna budowa nowego zegara na wieżę katedry westminsterskiej w Londynie, Edmund Denison, (Edm. Beckett), późniejszy Lord Grimthorpe (1812—1905), otrzymał polecenie zaprojektowania całego urządzenia.

Początkowo Denison zamierzał zastosować w tym zegarze wychwyty Bloxama. Jednak ze względu na stosunkowo duże rozmiary mającego budować się zegara (długość samego mechanizmu miała wynosić 5 m) zaniechał tego projektu. Zauważył bowiem, że szarpnięcia długimi wskazówkami, wywołane wskutek działania silnego wiatru, mogłyby powodować za szybkie spadanie zębów koła wychwykowego na spoczynek. Była przy tym słuszna obawa, żeby ząb koła wychwykowego nie przeskoczył występu spoczynkowego, gdyż obrót koła wychwykowego od spoczynku do spoczynku w wychwyty Bloxama wy-

nosi tylko 20° . Więc ramię kotwicy nie zdążyłoby jeszcze opaść do takiej pozycji, żeby ząb koła wychwytywego mógł się zatrzymać na występie spoczynkowym.

Wobec tego Denison zaprojektował nieco inny wychwyty, w którym koło wychwytywe obracało się od spoczynku do spoczynku o 60° , tzn. że koło to miało tylko trzy zęby.



Rys. 103. Pierwszy wychwyty Denisona

Ten pierwszy wychwyty Denisona przedstawiony jest na rys. 103. Widzimy tu, że zamiast zębniaka wznoszeniowego jak w wychwytywie Bloxama, znajdują się w piaście koła wychwytywego trzy kolki wznoszeniowe 2, 5, 8. Występy spoczynkowe 3 i 9 przymocowane są do ramion kotwicy 1, 7. Natomiast w celu hamowania zbyt szybkiego obrotu koła wychwytywego umieścił Denison na osi tego koła dwuskrzydłowy wiatrak 4.

Działanie pierwszego wychwyty Denisona było podobne do działania wychwyty Bloxama. Jeżeli przyjmiemy taką pozycję wychwyty jak na rys. 103 oraz ruch wahadła w kierunku strzałki, to pręt wahadła 12 po odchyleniu wejściowego ramienia kotwicy 7 zwalniał ze spoczynku ząb koła wychwytyowego 10. Wskutek obrotu tego koła kołek wznoszeniowy 5 odchylił ramię kotwicy 7 bardziej w prawo, a z chwilą minięcia wzniosu palety 11, ramię 7 opadało z powrotem i udzielało impulsu prętowi wahadła za pośrednictwem śruby impulsowej 13. Równocześnie kołek 8 odchylił nieco wyjściowe ramię kotwicy 1, przy czym następny ząb koła wychwytyowego spadał na występ spoczynkowy 3. Po zwolnieniu tego zęba ze spoczynku, ramię 1 dawało znowu impuls wahadłu itd.

W tym wychwycie nie było już obawy, żeby ząb koła wychwytyowego przeskoczył spoczynek. Jednak działanie jego nie było całkiem zadowalające, szczególnie wskutek zbyt silnych uderzeń zębów koła wychwytyowego spadających ze stosunkowo dużej odległości na występ spoczynkowy.

Wprowadził więc Denison do tego wychwyty różne poprawki, a przede wszystkim zastosował koło wychwytyowe o czterech ramionach z czterema kołkami wznoszeniowymi. Ale i ten wychwyty nie był jeszcze zupełnie odpowiedni. Wobec tego zaprojektował Denison trzeci wychwyty, w którym zastosował podwójne koło wychwytyowe, każde o trzech ramionach, tzn. takie, jakie stosowane jest obecnie. Projekt ten przedstawił Denison do zatwierdzenia w 1854 r. Wykonanie tej pracy powierzono znanej firmie zegarmistrzowskiej Dent. Jeden z nowoczesnych zegarów wieżowych, zbudowany przez tę właśnie firmę, widzimy na rys. 15. Zegar ten zaopatrzony jest także w wychwyty Denisona.

Po zbudowaniu i zainstalowaniu wychwyty Denisona do zegara westminsterskiego, zwanego „Big-Ben”, genialność tego

pomysłu okazała się w całej pełni. Maksymalna różnica w chodzie tego zegara nie przekroczyła jednej sekundy na dobę, w sumie zaś w ciągu roku najwyższa odchyłka bez poprawek regulacyjnych wyniosła zaledwie cztery sekundy. Dzięki temu Denison zdobył sobie szerokie uznanie.

Wychwyty Denisona o podwójnym kole wychwytowym przedstawiony jest na rys. 104. Oddzielne i niezależne od siebie ramiona kotwicy 2 i 12 ułożyskowane są jak najbliższej linii środkowej, która jest również linią zawieszenia wahadła. Osie obrotu tych ramion mieszczą się przy zawieszce wahadła 1 na wysokości zginania się sprężynki. Dzięki takiemu zawieszeniu wygiętych na zewnątrz ramion kotwicy, dolne ich końce, zaopatrzone śrubami impulsowymi 10 i 20 mają dążność wychylania się do wewnątrz nawet poza linię środkową. Wskutek tego mogą one dawać impulsy wahadłu.

Na ramionach kotwicy przymocowane są występy spoczynkowe 4 i 14. Na omawianym rysunku występ 14 znajduje się na przedniej stronie ramienia 12, natomiast występ 4 — na tylnej stronie ramienia 2. Występy te są dlatego umieszczone po przeciwnych stronach, gdyż koło wychwytowe składa się z dwóch części. Jedna więc część tego koła z trzema zębami znajduje się po jednej stronie kotwicy, a druga, również z trzema zębami (na rysunku częściowo kreskowana), jest po drugiej stronie. Obydwie te części połączone są ze sobą trzema kołkami wznoszeniowymi 5, 15 i 17, które tworzą jakby zębniak palcowy.

W miejscach wygięcia ramion kotwicy 2 i 12 znajdują się palety 6 oraz 16, skierowane powierzchniami wzniosu ku środkowi; jednak nie na wprost siebie, lecz w stronę kołków wznoszeniowych. Paleta 6 skierowana jest poniżej osi koła wychwykowego, natomiast paleta 16 — powyżej tej osi. Końce palet tak muszą być ustawione, aby powierzchnie wzniosu obydwu palet leżały na drodze obrotów kołków wznoszeniowych, które

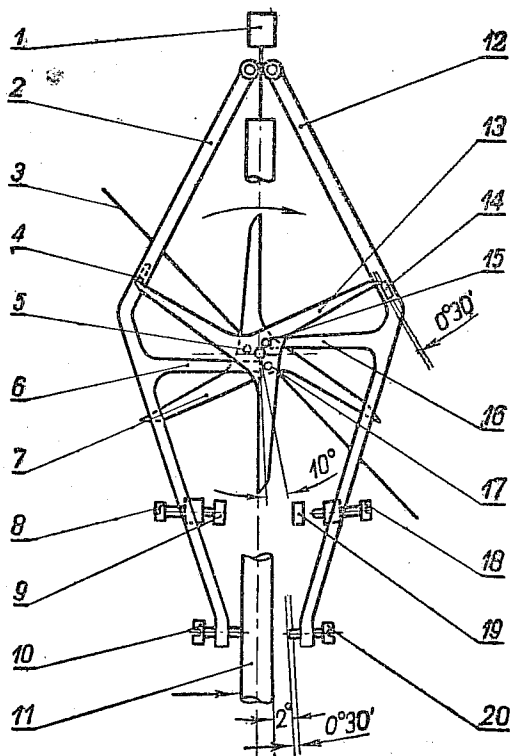
podczas pracy wychwyty odchylają ramiona kotwicy za pośrednictwem tych właśnie palet.

Przyjmując taką pozycję wychwyty jak na rys. 104, widzimy, że kołek wznoszeniowy 15 nie może dalej odepchnąć palety 16, gdyż ząb koła wychwytyowego 13 spoczął na występie spoczynkowym 14. Kąt spoczynku, mający swój wierzchołek w punkcie obrotu każdego z ramion kotwicy, jest bardzo mały, gdyż wynosi zaledwie pół stopnia ($0^{\circ} 30'$). Dlatego zwalnianie zęba koła wychwytyowego ze spoczynku wymaga tu bardzo małej siły.

Wahadło otrzymało impuls za pośrednictwem śruby impulsowej 10 na skutek ciężenia ramienia 2 i znajduje się w tej chwili w położeniu środkowym. Dążąc w prawą stronę w kierunku strzałki, rozpoczyna właśnie zupełnie swobodny ruch wynoszący około 2° , gdyż śruba oporowa 8 oparła się o występ lub słupek oporowy 9. Z chwilą zetknięcia się pręta wahadła 11 z końcem śruby impulsowej 20, przez lekkie tylko dotknięcie pręt wahadła odchyła o pół stopnia ramię 12, wskutek czego ząb koła wychwytyowego 13 zostaje zwolniony ze spoczynku. Teraz koło wychwytyowe rozpoczyna swój obrót o 60° . Na początku tego obrotu kołek wznoszeniowy 15 działając na paletę 16, odchyła jeszcze trochę ramię 12, przygotowując je do udzielenia impulsu prętowi wahadła. Gdy koło obróci się o 10° , wówczas kołek 17 odchyła ramię 2 za pośrednictwem palety 6, zanim ząb koła wychwytyowego 7 nie spocznie na występie spoczynkowym 4.

W tym czasie wahadło spełniło swą czynność zwalnającą przy ramieniu 12 i posuwa się jeszcze dalej o nieznaczny tylko kąt, osiągając skrajne prawe wychylenie. Następnie wraca z powrotem, przy czym ramię 12 opada i za pośrednictwem śruby impulsowej 20 udziela impulsu prętowi wahadła 11, zanim nie oprze się o występ oporowy 19. Dalszą drogę wahnięcia, tj. 2° , wahadło odbywa już swobodnie, po czym pręt wahadła dotyka

śruby impulsowej 10, wskutek czego ząb koła wychwytywego zostaje zwolniony z występu spoczynkowego 4. Dalszy przebieg działania będzie taki sam jak poprzednio.



Rys. 104. Wychwył Denisona (westminsterski) o podwójnym kole wychwytywym

Aby koło wychwytywe obracało się bez nagłych szarpnięć, na osi tego koła umieszczony jest wiatrak 3. Ramiona tego wiatraka spełniają czynność hamującą, podobnie jak to bywa przy mechanizmach bicia.

Jako specjalną zaletę tego wychwytywu należy podkreślić to, że może on dłuższy czas pracować bez oliwienia.

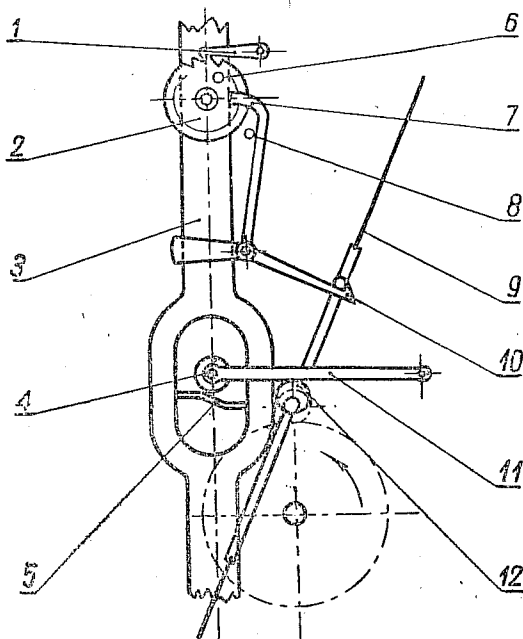
W zegarach wieżowych siła napędowa obciążnika, a więc i na kole wychwytowym, jest prawie zawsze jednakowa, ale działanie silnych wiatrów na wskazówki powoduje czasem bardzo znaczne wahania siły impulsów udzielanych wahadłu. Natomiast wychwyty Denisona jest niewrażliwy nawet na większe różnice w dopływie energii. Koło wychwytowe za pośrednictwem kółek wznoszeniowych odchyła na przemian ramiona kotwicy, które wracając do normalnego położenia udzielają impulsu prętowi wahadła tylko swym własnym, a więc niezmiennym ciężarem, dzięki czemu siła tych impulsów jest zawsze jednakowa. Dlatego też zegar westminsterski, cieszący się dobrą opinią, punktualność swą zawdzięcza w głównej mierze temu właśnie wychwyтови, zaopatrzonemu w dwusekundowe wahadło.

f. Wolny wychwyty Mannhardta

Wolny wychwyty Mannhardta jest zupełnie innej konstrukcji, niż dotychczas opisane wychwyty z tej grupy. Można go zaliczyć również do wychwytyw wolnych, gdyż w zegarze z wahadłem sekundowym, w którym jest ten wychwyty, 59 ruchów wahadła jest prawie zupełnie swobodnych, a dopiero przy sześćdziesiątym wahaniciu wahadło łączy się z mechanizmem chodu. W tym momencie wahadło otrzymuje impuls, a wskazówki zegara posuwają się o minutę.

Właściwym wynalazcą tego wychwytyw był ksiądz proboszcz F e l l a r e r z Kreuzholzhausen obok Tachau. Zasadniczy jego pomysł był wszakże nieco inny. Dopiero J. Mannhardt, o którym już wspomnieliśmy przy wychwytyw nożycowych, przyobiekł pomysł Fellarera w realną szatę mechaniczną, tak że wychwyty ten stał się przydatny do najbardziej precyzyjnych zegarów astronomicznych.

Urządzenie wolnego wychwyty Mannhardta przedstawione jest na rys. 105. Widzimy tu część pręta wahadła 3, na którym znajduje się koło zapadkowe 2 o 30 zębach. Podczas każdego ruchu wahadła w lewo koło to zatrzymywane jest przez zapadkę 1, umocowaną na stałej części zegara, i wskutek tego obraca



Rys. 105. Wolny wychwyty Mannhardta

się ono o jeden ząb dalej. Kołek 6, osadzony w kole 2, w miarę ruchów wahadła zbliża się do dźwigni 7. Raz na minutę nieco ją odchyła, wskutek czego zwalnia się wiatrak 9 z zapadki kotwicowej 10, i następuje obrót mechanizmu, który posuwa wskazówki o minutę.

Przez obrót wiatraka 9, mimośród 12, znajdujący się na osi wiatraka, pozwala na opadnięcie ramienia 11, zaopatrzonego na końcu w ciężarek 4. Ciężarek ten, mający kształt rolki, przesuwają się po wzniosie 5 i w ten sposób udziela impulsu prętowi

wahadła. Po spełnieniu tej czynności, mimośród 12 podnosi ramię 11 i wahadło waha się dalej swobodnie. Po minucie, gdy koło zapadkowe 2 znowu się obróci, to samo działanie powtórzy się od nowa.

Ponieważ ciężarek 4 opadając własnym ciężarem udziela impulsu prętowi wahadła, dlatego też impuls ten jest zawsze jednakowy. W praktyce wychwyty ten z cominutowym impulsem był dawniej często stosowany szczególnie przy zegarach wieżowych. Oczywiście soczewka wahadła w takim zegarze musi być ciężka, aby wahadło mimo rzadkich impulsów, wahało się izochronicznie, gdyż za każdym drugim swoim ruchem musi siłą swej bezwładności spowodować przesunięcie koła zapadkowego o jeden ząb. Co prawda koło zapadkowe i zapadka działają bardzo lekko i dlatego wymagają mało energii, jednakże sprawiają pewne, chociaż nieznaczne, wpływy na wahadło.

Mimo tych drobnych usterek wychwyty ten ma zapalonych zwolenników, tym więcej, że zegary zaopatrzone tym urządzeniem zadowolająco spełniają swą rolę. Zegar z takim wychwytem znajduje się na wieży kościoła oo. cystersów w Oliwie koło Gdańska.

Aby uniknąć hamującego wpływu zapadki na wahadło, oprócz głównego wahadła zastosowano wahadło pomocnicze, które miało włączać mechanizm. Próby te zawiodły jednak połączane w nich nadzieje.

Wolne wahadła (Free Pendulum), podobne do urządzenia wolnego wychwyty Mannhardta, spotykamy obecnie w precyzyjnych zegarach astronomicznych Shortta, Le Roy'a itd. Opisy tych zegarów będą podane w dalszych częściach „Zegarmistrzostwa“.

J. REGULATORY

1. Ogólnie

W mechanice stosowane są najczęściej regulatory odśrodkowe: ciężarowe lub sprężynowe, wiatrakowe i inne. Regulatory te jednak nie wystarczają do dokładnego mierzenia czasu. Dlatego w zegarach stosuje się prawie wyłącznie regulatory wahające się, a mianowicie *wahadło* i *balans*. W zegarach i mechanizmach zegarowych wysokiej dokładności, stosowanych do celów specjalnych, jako regulatorów używa się pobudzanych elektrycznie do drgań widełek strojowych (kamertonu), płytek kwarcu lub turmalinu, wreszcie złożonych układów elektrycznych zawierających lampy elektronowe i inne skomplikowane części.

Zadanie regulatora chodu polega na sterowaniu ruchami wskaźników, tak by ich przesunięcia były proporcjonalne do upływającego czasu. W zegarach odbywa się to w ten sposób, że regulator w równych odstępach czasu za pośrednictwem wychwyty uwalnia mechanizm chodu powodując częściowy i jednakowy obrót kół.

Stała zgodność między wskazaniem zegara a prawdziwym upływem czasu zależy przede wszystkim od właściwego działania regulatora, dlatego wymaga się od niego odpowiedniej wielkości wychyleń i stałości trwania okresów. Jeżeli np. zegar w jednym dniu robi choćby tylko minutę różnicy, to jedno wahnięcie wahadła sekundowego musi być doregulowane prawie na półtoratysięczną część sekundy i dokładność tę dzień po dniu zegar powinien zachowywać.

W praktyce jest to trudne do wykonania, gdyż na dokładność wahań regulatora wpływają również mechaniczne niedokładności wykonania zegara. Wysoką dokładność wskazań zegara można uzyskać tylko wtedy, gdy wszystkie jego części wyko-

nane są z należytą dokładnością i dobrze dopasowane, oraz gdy energia napędowa dostarczana jest równomiernie. Wówczas będą działać na regulator tylko ujemne wpływy otoczenia, jak np. opór powietrza i zmiany temperatury.

Aby skutek wspomnianych oporów wahanie regulatora nie ustało zupełnie, regulator w równych odcinkach czasu otrzymuje impuls.

Taki regulator, w którym następujące po sobie wahnięcia odbywają się dokładnie w jednakowych odcinkach czasu, nazywamy *izochronicznym*. Mówimy wówczas, że *wahnięcia* te są *izochroniczne*.

Do wahań i balansu stosuje się najczęściej impulsy uderzeniowe. Impuls uderzeniowy tylko wtedy nie wpływa szkodliwie na izochronizm regulatora, gdy następuje w chwili największej jego szybkości i działa w kierunku ruchu. Byłoby więc najkorzystniej, gdyby jak najkrócej trwający impuls nastąpił w środkowym położeniu regulatora. Niestety, nie jest to możliwe, gdyż impuls taki musi trwać jakiś czas, a więc wpływać na regulator przez pewien odcinek drogi. Wobec tego konstruktorzy starają się, żeby impuls odbywał się równomiernie przed i poza pozycją środkową regulatora. Taki symetryczny przebieg daje się uzyskać tylko przy niektórych wychwytach.

Ażeby regulator wahał się izochronicznie, musi wahać się swobodnie bez zewnętrznych wpływów i dlatego — jak wiemy z rozdziałów o pośrednich napędach wychwytywów oraz o wolnych wychwytach — konstruktorzy starają się, by regulator uchronić od tych właśnie wpływów ubocznych. W tym celu stosuje się następujące zasady:

1. Wszystkie opory, które regulator ma pokonywać, powinny być jak najmniejsze i możliwie niezmienne.
2. Impuls powinien być udzielany regulatorowi wtedy, gdy znajduje się on jak najbliżej środkowego położenia i trwać możliwie najkrócej.

3. Przeszkody izochronizmu regulatora zmniejsza się przez odpowiednie ustalenie łuku wahnięcia regulatora i jego szybkości. Na wahadło dodatnio wpływa zmniejszanie szybkości i łuku wahnięcia, na balans zaś — zwiększanie (do pewnych granic).
4. Cięższe regulatory dokładniej zachowują izochronizm, jednak wymagają silniejszych impulsów.

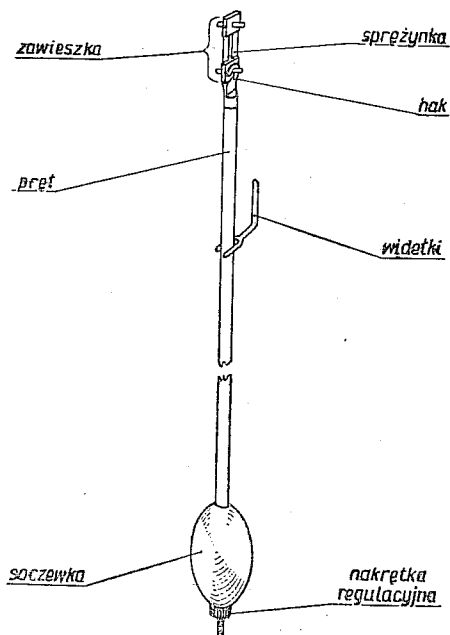
Jak już wspomnieliśmy, w zegarach mechanicznych stosowane są obecnie dwa rodzaje regulatorów. *Balans* — przeważnie do zegarów domowych i zegarków noszonych oraz *wahadło* — do zegarów nie noszonych. W dawnych czasach stosowany był jeszcze inny regulator, tzw. *kolebnik* (foliot), o którym pisaliśmy w pierwszej części „Zegarmistrzostwa“, na 25 str., i w tej książce przy wychwycie wrzecionowym. O balansie będzie mowa w następnych częściach „Zegarmistrzostwa“. Tu zaś omówimy szczegółowo regulator stosowany w zegarach wielkich, czyli wahadło.

Wahadło, stosowane w zegarach, przedstawione jest na rys. 106. Głównymi częściami wahadła są: *zawieszka*, *pręt* i *soczewka*. Soczewka umieszczona jest suwliwie na pręcie, aby można ją było nieco przesuwac *nakrętką regulacyjną* w celu regulacji czasomierza. Zawieszka w tym przypadku składa się z elastycznych *sprężynek* (może być również tylko jedna sprężynka) celem umożliwienia regulatorowi wahanja się. Do przenoszenia impulsu służą widełki osadzone na osi kotwicy.

Zegary wahadłowe, od których wymaga się dokładnego chodu, powinny mieć ciężkie i długie wahadła, aby łuki ich wahnięć były małe. Dłuższe wahadła dają zawsze lepsze rezultaty niż krótsze, gdyż każdy błąd w wielkości okresu powtarza się mniejszą ilość razy w ciągu mierzonego czasu. W zegarach wieżowych starszej budowy można spotkać bardzo długie i ciężkie wahadła, jak np. w zegarze ratuszowym we Wrocławiu, którego wahadło ma 6 m długości, a waży około 60 kg. W Glinianach za Lwo-

wem natomiast znajduje się zegar wieżowy aż z 9-metrowym wahadłem.

Zużycie energii przez wahadło zależy nie tyle od jego ciężaru, ile raczej do elastyczności sprężynek zawieszki, sztywności podstawy i oporu powietrza. Jeżeli sprężynki wykonane są z dobrej stali i mają odpowiednie wymiary, a podstawa, na któ-



Rys. 106. Wahadło

rej jest zawieszone wahadło, jest sztywna i dostatecznie ciężka, oraz kształt soczewki również jest należycie dostosowany, to nawet ciężkie wahadło potrzebuje tylko słabych impulsów. Dalszą zaletą cięższego wahadła jest — dzięki większej bezwładności — łatwiejsze pokonywanie nieuniknionych drobnych oporów nadzwyczajnych i mniejsza czułość na trudne do uniknięcia zmiany siły impulsów.

2. Podstawowe wiadomości o wahadle

a. Wiadomości historyczne

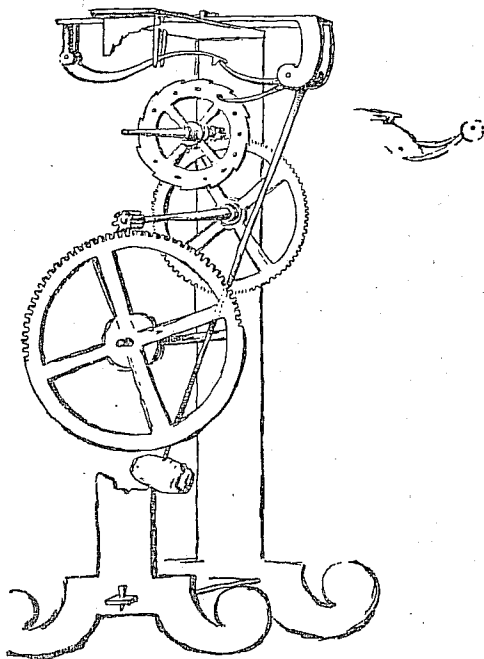
Izochronizm ruchu wahadłowego odkrył włoski uczony Galileo Galilei (1564 — 1642), w Polsce zwany Galileuszem. Było to w 1583 r. Młody jeszcze wówczas Galileusz modlił się pewnego razu w katedrze pizańskiej. W tym czasie zauważył, że poruszona wieczna lampka, zwisająca się ze sklepienia, waha się równomiernie. Zaciekawilo go to tym bardziej, gdy widział, że ruchy te stawały się coraz mniejsze, a mimo to jednostajne. To spostrzeżenie naprowadziło tego myśliciela do przeprowadzenia odpowiednich prób. Po zbadaniu ustalił i ogłosił nieznanie przedtem prawa fizyczne ruchu wahadłowego. Brzmiały one następująco:

Wahnięcia jednego i tego samego wahadła trwają zawsze jednakowy okres czasu.

Czas trwania wahnięcia zależy od długości wahadła — im wahadło jest dłuższe tym wolniej się waha.

Wykorzystując te prawa, Galileusz stosował wahadło do obliczeń astronomicznych. Jednak do celów praktycznych — mierzenia czasu — swego wynalazku nie zastosował. Dopiero syn jego Wincenty Galilei, w roku 1642 wykonał szkic zegara wahadłowego, który widzimy na rys. 107. Działanie *wychwyty Galileusza* (zbliżone nieco do działania wychwyty chronometrów) miało być następujące: Wahadło otrzymuje impuls co drugie wahnięcie za pośrednictwem kołków umieszczonych w wieńcu koła wychwytywego, działających na paletę wyjściową. W czasie powrotnego ruchu wahadła, widoczna z lewej strony zapadka — podtrzymywana przez „paletę wejściową“ (górną) — obniża się i zatrzymuje ruch koła wychw. zahaczając o jeden z zębów znajdujących się na obwodzie tego koła.

Po śmierci swego ojca Wincenty zamierzał wykonać projektowany przez siebie zegar, korzystając z pomocy mechanika Dominika Balestri'ego. Jednak śmierć (w 1649 r.) przeszkodziła mu w dokończeniu zamierzonego dzieła.



Rys. 107. Szkic zegara wahadłowego wykonany przez Wincentego Galilei'ego

Dalszą teoretyczną i praktyczną pracę nad wahadłem poprowadził holenderski uczoney, Christian Huygens (1629—1695). Był on profesorem fizyki i astronomii w Hadze. Uznany został za pierwszego, który zastosował wahadło do zegara mechanicznego. Ponadto również on pierwszy opracował gruntownie teorię wahadła.

Od roku 1673, w którym ukazało się dzieło Huygensa „Horologium oscilatorium“, opisujące sposób zastosowania wahadła do

zegara mechanicznego, zegary wahadłowe zaczęły się szybko rozpowszechniać. Od tej więc pory ustala się już stosunkowo dokładny pomiar czasu.

b. Wahadło matematyczne

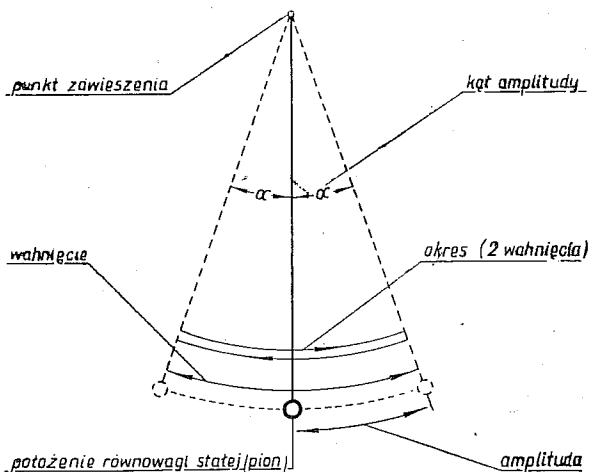
Co to jest wahadło? Na takie pytanie można odpowiedzieć, że wahadłem jest każde ciało stałe, zawieszone swobodnie poza środkiem ciężkości, które pod wpływem siły ciężkości i bezwładności wykonuje ruchy okresowe (wahadłowe) w jednej płaszczyźnie około położenia równowagi stałej. Takie zaś wahadło, którego dolny koniec zatacza poziome koła, nazywamy *wahadłem stożkowym*. Ponieważ wahadło stożkowe nie ma zastosowania w zegarmistrzostwie, dlatego nim się bliżej nie zajmujemy. Nasze opisy i obliczenia dotyczą tylko zwykłego wahadła (kołowego).

Najogólniejsze badania właściwości wahadła wykonuje się na ideale wahadła, czyli na tzw. *wahadle matematycznym* (teoretycznym), na którym jasno można zrozumieć zasady działania regulatora.

Wahadło matematyczne jest to punkt materialny (ciężki) poruszający się po okręgu (łuku) pionowym bez tarcia i jakichkolwiek innych oporów. Takie wahadło w rzeczywistości nie istnieje. Możemy je sobie tylko wyobrazić. Zwykły model wahadła matematycznego przedstawiony jest na rys. 108. Jest to mała, ciężka kulka przymocowana nicią bardzo lekką i nierozciągliwą do stałego punktu zawieszenia. Ponieważ masa nici w porównaniu z masą kulki jest nieznaczną, dlatego takie wahadło jest w przybliżeniu urzeczywistnieniem wahadła matematycznego, które służy za podstawę do obliczeń.

Jeżeli na swobodnie wiszące wahadło nie działają inne siły zewnętrzne, to przyjmuje ono kierunek pionowy (położenie równowagi stałej) i wisi nieruchomo, gdyż znajduje się pod wpływem przyciągania ziemi. Gdy zaś odchylimy je pod pewnym kątem od pionu i puścimy swobodnie, wówczas wykona

ruch w kierunku pierwotnego położenia, jednak w tym położeniu (pionowym) na skutek bezwładności nie zatrzyma się, lecz poruszając się dalej, wzniesie się po drugiej stronie pionu do takiej samej niemal wysokości, z jakiej zaczęło spadać. Po czym znów wykona taki sam ruch w stronę przeciwną itd. Te periodyczne ruchy zwiemy *wahaniem*, a jeden taki ruch między położeniami skrajnych wychyleń — *wahnięciem*.



Rys. 108. Wahadło matematyczne

Na rys. 108 podane są niektóre charakterystyczne nazwy wielkości, występujących przy ruchu wahadłowym.

Amplituda jest to największe wychylenie wahadła w jednym kierunku od pionu. Amplitudę mierzymy długością łuku, albo rozwartością kąta α .

Okresem wahnięcia nazywa się czas, który upływa między dwoma kolejnymi identycznymi fazami ruchu wahadła. Czas trwania jednego wahnięcia jest równy połowie okresu.

Na skutek oporu powietrza i tarcia w miejscu zawieszenia, odchylenia szeregu następujących po sobie wahnięć są coraz mniejsze, aż wreszcie ruch wahadła zupełnie ustaje.

c. Wahadło fizyczne

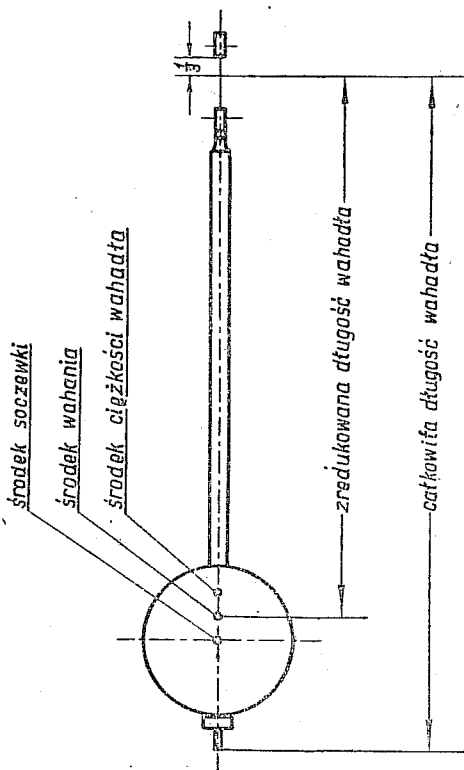
Wahadło fizyczne (rzeczywiste), jakie stosuje się w naszych zegarach, oparte jest na zasadach wahadła matematycznego. Ponieważ wahadło zegarowe, które jest wahadłem fizycznym, składa się z ciężkiej soczewki, zawieszanej na odpowiednio grubym pręcie, więc można je uważać jako złożenie wielu wahań matematycznych. Cząstki materii wahadła fizycznego, znajdujące się bliżej punktu zawieszenia, usiłują się wahać szybciej. Cząstki zaś znajdujące się dalej działają odwrotnie, dlatego trzeba o tym pamiętać przy obliczaniu wahadła fizycznego, złożonego z tak wielu wahań matematycznych. Wynika stąd, że wahadło zegara powinno mieć jak najlżejszy pręt oraz jak najmniejszą, lecz możliwie ciężką soczewkę.

d. Długość wahadła

Gdy mówimy o długości wahadła fizycznego, mamy na myśli nie całkowitą jego długość, widoczną od miejsca zawieszenia aż do dolnego końca, lecz tę długość, która równa się długości wahadła matematycznego o tym samym okresie. Nazywa się ona *zredukowaną* (matematyczną) długością wahadła. Długość tę u wahadła zegarowego mierzy się od linii gięcia się sprężynki do *środku wahan*a (rys. 109).

Środek wahana jest to taki punkt wahadła fizycznego, który porusza się tak, jakby stanowił oddzielne wahadło matematyczne. Na podstawie doświadczeń i obliczeń ustalono, że środek wahana leży zwykle mniej więcej w środku między środkiem ciężkości całego wahadła a środkiem soczewki. Na rys. 109 zaznaczona jest zredukowana długość wahadła zegarowego oraz środek soczewki, środek ciężkości całego wahadła i środek wahana.

Środek ciężkości wahadła łatwo odzyskamy, jeżeli położymy wahadło na ostrej krawędzi jakiegoś przedmiotu w ten sposób, żeby było w równowadze. Krawędź ta wyznaczać nam będzie środek ciężkości wahadła.



Rys. 109. Zredukowana długość wahadła zegarowego

Linia gięcia się sprężynki znajduje się w odległości około $\frac{1}{3}$ długości sprężynki od górnej części zawieszki.

W ten sposób określony środek wahań pozwala nam zmierzyć zredukowaną długość danego wahadła. Dopiero na podstawie tej długości możemy np. sprawdzić ilość wahań na godzinę.

e. Zasady działania

Wahanie wahadła wyprowadzonego z równowagi odbywa się na skutek działania siły przyciągania ziemi, czyli siły ciężkości oraz bezwładności¹⁾. Siła ciężkości ciałom swobodnie spadającym nadaje przyspieszenie²⁾. Wszystkie ciała spadające swobodnie w próżni wykonują ruch jednostajnie przyspieszony, przy czym przyspieszenie tego ruchu, zwane przyspieszeniem ziemskim lub grawitacyjnym, nie zależy wcale od rodzaju ani wielkości ciała spadającego. Od tego przyspieszenia zależy również wahanie wahadła.

Przyspieszenie ziemskie dla wszystkich ciał wynosi w przybliżeniu $g = 9,81 \text{ m/sek}^2$. Przyspieszenie to nie jest jednak wartością zupełnie stałą w każdym miejscu na kuli ziemskiej. Jest ono w niewielkim stopniu zależne od szerokości geograficznej, od wysokości nad poziomem morza, a w bardzo małym stopniu nawet od innych warunków lokalnych (np. od przyspieszenia odśrodkowego wywołwanego obrotem ziemi dookoła osi, które na biegunie nie istnieje). Przyspieszenie ziemskie osiąga najmniejszą wartość na równiku (w przybliżeniu $g = 9,78 \text{ m/sek}^2$), największą zaś na biegunie (w przybliżeniu $g = 9,83 \text{ m/sek}^2$). Dzieje się tak dlatego, że im bliżej środka ziemi, tym siła przyciągania bardziej się zwiększa. Wskutek tego na wysokich górach działa ona słabiej niż na powierzchni morza, słabiej na równiku niż na biegunach, gdyż na biegunach ziemia jest spłaszczona. Na tej podstawie obliczono, że zmiana miejsca ustawienia zegara o 1 m w górę powoduje jego opóźnianie o 0,011 sekundy na dobę.

1) Patrz: rozdział I. C. 2. Bezwładność ciał.

2) Przyspieszeniem ruchu zmiennego nazywamy stosunek przyrostu szybkości do czasu, w którym ten przyrost nastąpił.

Wobec tego to samo wahadło inaczej będzie się wahało w różnych miejscach ziemi, gdyż czas poszczególnych jego wahań zmienia się ze zmianą szerokości geograficznej miejsca. Natomiast w tej samej miejscowości, według praw ruchu wahadłowego podanych przez Galileusza, czas trwania wahań zależy tylko od długości wahadła.

Należy tu jednak dodać, że prawa te można uważać za słuszne tylko dla bardzo małych wahań. Jeżeli więc mówimy, że wahańcia wahadła są izochroniczne, to należy pamiętać, że jest to tylko przybliżeniem i że w miarę wzrostu amplitudy błąd izochronizmu (błąd kołowy)¹⁾ szybko się powiększa.

W praktyce za izochroniczne uważa się wahańcia o amplitudzie mniejszej od 8° , gdyż błąd tych wahań nie przekracza $1,2^{\circ}/_{\infty}$, tzn., że na 1 sekundę błąd będzie wynosił 0,0012 sekundy. Jeżeli więc amplituda wahadła nie będzie przekraczać 8° , to zegar z takim wahadłem będzie robił różnice, wynikające z niedokładności izochronizmu, 1,5 do 2 minut na dobę. Gdy zaś kąt amplitudy będzie 2 razy mniejszy, czyli wynosił będzie 4° to błąd izochronizmu jest prawie 4 razy mniejszy. Różnice w chodzie zegara wahadłowego o amplitudzie 4° , wynikające z niedokładności izochronizmu, będą wynosić od 25 do 30 sekund na dobę. Widzimy więc, że stałość amplitudy jest bardzo ważnym czynnikiem w dokładności chodu zegara.

Stąd też — zależnie od wymaganej dokładności — stosujemy w danym zegarze odpowiednią amplitudę. W dokładnych zegarach astronomicznych kąt amplitudy wynosi od 1° do $1,5^{\circ}$. W dobrych zegarach domowych i wieżowych z wychwytnami Grahama — $1,5^{\circ}$ do 3° . W dobrych zegarach z wychwytnami cofającymi — od 4° do 8° .

1) Błąd kołowy jest to różnica między okresem wahańcia określonym wzorem przybliżonym, a okresem określonym wzorem ścisłym liczony w sekundach na dobę.

Oprócz wspomnianego błędu izochronizmu (błędu kołowego) wahadło zegara podlega różnym wpływom, które zakłócają równomierność jego wahań. Są nimi:

wpływy termiczne (zmiany temperatury);

opór powietrza;

gęstość powietrza (określona przez ciśnienie barometryczne);

zmiennosc przyspieszenia ziemskiego.

Największą jednak przeszkodą jest opór powietrza. Im większe jest wychylenie wahadła, czyli amplituda wahań, tym silniejszy jest opór powietrza. Wskutek tego właśnie wahadło o większej amplitudzie waha się nieco wolniej niż takie same wahadło o amplitudzie małej. Dlatego ważną rzeczą jest uzyskanie właściwej amplitudy.

Gdy wychylenia są za duże, to powstają większe straty na tarcu. Gdy natomiast są one za małe, to mechanizm przy lada drobnej przeszkodzie może się zatrzymać. Z tego więc względu tańsze, a tym samym i liche zegary, muszą mieć wahadło o większej amplitudzie.

U lepszych zegarów usiłuje się amplitudę wahadła ograniczyć w ten sposób, że powierzchnię wzniosu daje się możliwie niedużą.

U niektórych zegarów wieżowych amplitudę można łatwo doregulować przez zmniejszenie lub powiększenie obciążników.

Należy jeszcze podkreślić konieczność zachowania straconej drogi regulatora w celu normalnego funkcjonowania zegara. Jeżeli stracona droga jest za mała, to przy lekkim zwiększeniu tarcia lub zmniejszeniu siły napędowej zęb koła wychwytowe- go nie może zeskoczyć ze wzniosu palety, wskutek czego zegar się zatrzymuje.

3. Obliczanie wahadła

Wiemy, już z poprzednich rozdziałów, że czas wahań zależy od długości wahadła oraz od szerokości geograficznej miejsca, w którym to wahadło się znajduje. Oczywiście, mamy tu na myśli wahań o małej amplitudzie nie przekraczającej 8° , aby można było je uważać za izochroniczne, gdyż czas większych wahań zależy także od wielkości amplitudy.

Jeżeli więc *zwiększymy długość wahadła*, zwiększy się także czas jego wahań, jeżeli zaś *długość zmniejszymy*, zmniejszy się także i czas wahań. Drugim czynnikiem zmieniającym czas wahań wahadła jest *przyspieszenie ziemskie*. Wpływ jego jest jednak niewielki, gdyż w naszych szerokościach geograficznych przyspieszenie ziemskie zmienia się bardzo mało, tak że można je przyjmować w obliczeniach zegarmistrzowskich jako wartość stałą, wynoszącą $9,81 \text{ m/sek}^2$.

Z powyższego rozważania wynika, że do obliczenia wahadła musimy znać zależność zachodzącą pomiędzy wspomnianymi wielkościami. Najprościej i najwygodniej jest wyrazić tę zależność w postaci wzoru algebraicznego. Gdy więc czas jednego wahań (nie okresu) oznaczymy literą T , długość wahadła — l , przyspieszenie ziemskie — g , to zależność, istniejącą między tymi wielkościami, możemy wyrazić w postaci następującego wzoru:

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Znaczenie tego wzoru można by określić słowami w ten sposób: Czas jednego wahań wahadła otrzymamy wtedy, gdy długość tego wahadła podzielimy przez przyspieszenie ziemskie, z otrzymanego ilorazu wyciągniemy pierwiastek kwadratowy i pomnożymy go przez wartość π . Wyrażając się matematycznie należałoby powiedzieć: Czas jednego wahań wahadła

równa się iloczynowi liczby π przez pierwiastek kwadratowy z ilorazu: długość wahadła przez przyspieszenie ziemskie.

Zaznaczamy, że wzór ten może być stosowany tylko do tych wahnięć, które uważamy za izochroniczne; do wahnięć o większej amplitudzie wzór ten jest zbyt niedokładny.

Obliczmy teraz czas jednego wahnięcia wahadła, którego długość $l = 1,258$ m, podstawiając odpowiednie wartości do podanego wzoru.

$$T = 3,14 \sqrt{\frac{1,258 \text{ m}}{9,81 \text{ m/sek}^2}} = 1,125 \text{ sek.}$$

Czas jednego wahnięcia wahadła o długości 1,258 m wynosi 1,125 sekundy.

Przekształcając odpowiednio nasz wzór możemy otrzymać z niego nowy wzór do *obliczania długości wahadła*, mianowicie:

$$l = \frac{T^2 \cdot g}{\pi^2}$$

Widzimy z tego wzoru, że długość wahadła otrzymamy wtedy, gdy czas jednego wahnięcia tego wahadła podniesiemy do kwadratu, pomnożymy przez przyspieszenie ziemskie, a otrzymany stąd wynik podzielimy przez liczbę π podniesioną do kwadratu.

Obliczmy według tego wzoru długość wahadła, którego czas jednego wahnięcia wynosi 1 sek. Wahadło takie nazywamy *sekundowym*.

$$l = \frac{1^2 \text{ sek} \cdot 9,81 \text{ m/sek}^2}{3,14^2} = 0,994 \text{ m}$$

Długość wahadła sekundowego wynosi u nas 0,994 m, czyli 994 mm, a więc w dużym przybliżeniu prawie 1 m (na równiku 991 mm).

Wyżej podanymi wzorami zegarmistrze posługują się bardzo rzadko. Na ogół nie obliczają oni czasu trwania jednego wahnięcia, ale mówią o ilości wahnięć wahadła na minutę lub na

godzinę. Natomiast długość wahadła obliczają na podstawie wahadła sekundowego przyrównując do niego ilość wahań obliczanego wahadła. W ten sposób obliczenie sprowadza się do rozwiązania proporcji. Oczywiście, proporcję tę możemy również przedstawić w postaci wzoru, który można wyprowadzić z podanego na początku wzoru podstawowego. Pomijamy jednak sposób wyprowadzenia oraz udowodnienia, a podajemy tylko gotowy wzór, w którym l oznacza długość wahadła sekundowego, a l_1 — długość wahadła obliczanego; zaś n_h oznacza ilość wahań na godzinę wahadła sekundowego, a n_{h_1} — ilość wahań na godzinę wahadła obliczanego.

$$\frac{l_1}{l} = \frac{n_h^2}{n_{h_1}^2}$$

Znaczenie tej proporcji można określić następująco:

Długości dwóch wahadeł mają się do siebie w odwrotnym stosunku jak kwadraty ilości ich wahań.

Jeżeli więc weźmiemy za podstawę do obliczeń wahadło sekundowe, którego długość i ilość wahań na godzinę są nam znane, to możemy obliczyć długość każdego wahadła, mając podaną ilość jego wahań.

Zanim jednak przystąpimy do przykładów obliczeniowych długości wahadła, przypomnijmy sobie sposób obliczenia ilości wahań mając dane ilości zębów poszczególnych kół i zębników przekładni chodu.

Na przykład:

koło napędowe (obracające się raz na godzinę)	ma 90 zębów,	
zębnik pośredni	„ 10	„
koło pośrednie	„ 60	„
zębnik wychwytowy	„ 10	„
koło wychwytowe	„ 25	„

Ile wahnięć ma wykonać wahadło danego mechanizmu, oblicza się w ten sposób, że ilości zębów kół — począwszy od koła minutowego (bez koła wychwytoowego) — mnoży się przez siebie, wynik dzieli się przez iloczyn zębów zębników, a rezultat mnoży się przez podwójną ilość zębów koła wychwytoowego, ponieważ na każdy taki ząb wypada po dwa wahnięcia.

$$\frac{90 \cdot 60}{10 \cdot 10} = \frac{5400}{100} = 54; \quad 54 \cdot 25 \cdot 2 = 2700;$$

Aby zegar prawidłowo chodził, wahadło tego mechanizmu powinno wykonywać 2700 wahnięć na godzinę.

Można by też ilości zębów wszystkich kół włącznie z wychwytowym pomnożyć przez siebie i przez 2, a wynik podzielić przez iloczyn zębów zębników.

$$\frac{90 \cdot 60 \cdot 25 \cdot 2}{10 \cdot 10} = 2700$$

To samo obliczenie można przeprowadzić jeszcze inaczej: Podczas jednego obrotu koła napędowego — koło pośrednie obróci się 9 razy, a podczas jednego obrotu koła pośredniego — koło wychwytoowe obróci się 6 razy. A więc gdy koło napędowe obróci się raz, to koło wychwytoowe obróci się (9 · 6) 54 razy. Ponieważ koło wychwytoowe ma 25 zębów, a zatem podczas jednego jego obrotu wahadło musi wykonać 50 wahnięć, czyli na godzinę wypada (54 · 50) 2700 wahnięć¹⁾.

Wiemy już, że wahadło do tego mechanizmu ma wykonać 2700 wahnięć na godzinę. Jaka więc będzie jego zredukowana długość? Stosowana zwykle formuła brzmi: Długość obliczanego wahadła ma się do długości wahadła sekundowego w odwrotnym stosunku jak kwadraty ilości ich wahnięć. Czyli według

¹⁾ Czas trwania jednego wahnięcia w sekundach możemy również obliczyć w ten sposób, że liczbę 3600, określającą ilość sekund w godzinie, podzielimy przez ilość wahnięć wahadła na godzinę, np.:

$$3600 \text{ sek} : 2700 = 1,33... \text{ sek.}$$

poprzednich oznaczeń możemy napisać:

$$l_1 = \frac{n_h^2 \cdot l}{n_{h_1}^2}$$

Jeżeli więc długość wahadła sekundowego $l = 994$ mm, ilość jego wahaniec na godzinę $n_h = 3600$, a ilość wahaniec obliczanego wahadła $n_{h_1} = 2700$, to długość wahadła obliczanego będzie:

$$l_1 = \frac{3600^2 \cdot 994 \text{ mm}}{2700^2} = \frac{12\,960\,000 \cdot 994 \text{ mm}}{7\,290\,000} = 1767 \text{ mm}$$

Na podstawie tego wzoru można obliczać długości wahań dobierając za podstawowe nie tylko wahadło sekundowe, ale i inne wahadło, którego znamy długość i ilość wahaniec na godzinę.

Dla ułatwienia obliczeń podajemy niżej sposób obliczania długości wahań przy pomocy uproszczonego wzoru. Ażeby obliczyć długość jakiegoś wahadła, należy stałą liczbę 113 500 podzielić przez ilość wahaniec tego wahadła na godzinę (lub stałą liczbę 1892 — przez ilość wahaniec na minutę) i wynik podnieść do kwadratu, czyli pomnożyć przez siebie.

Sprawdźmy tym sposobem długość wahadła sekundowego.

$$113\,500 : 3600 = 31,53; \quad 31,53 \cdot 31,53 = 994,1409.$$

Zgadza się, gdyż długość wahadła sekundowego, licząc okrągło, wynosi 994 mm.

Obliczmy długość wahadła, które ma wykonywać 2000 wahaniec na godzinę.

$$113\,500 : 2000 = 56,75; \quad 56,75 \cdot 56,75 = 3220,5625.$$

Długość tego wahadła będzie wynosić 3220 mm.

Widzimy, że ten sposób obliczania jest prosty i łatwy.

Celem zaoszczędzenia czasu nad żmudnymi nieco obliczeniami, w obok zamieszczonej tablicy podajemy długości wahań, jakie mogą mieć zastosowanie w zegarach wieżowych. Długości wahań stosowane w zegarach domowych będą zamieszczone w następnej części „Zegarmistrzostwa“.

Tablica długości wahadeł

Ilość wahnięć na godz.	Długość waha- dła ¹⁾	Zmiana długości dla 1 min. na dobę	Ilość wahnięć na godz.	Długość waha- dła ¹⁾	Zmiana długości dla 1 min. na dobę
	milimetrów			milimetrów	
5500	425,8	0,58	3250	1 219	1,66
5400	441,7	0,60	3200	1 258	1,71
5300	458,5	0,62	3150	1 298	1,76
5200	476,3	0,65	3100	1 340	1,82
5100	495,2	0,67	3050	1 385	1,88
5000	515,2	0,70	3000	1 431	1,95
4900	536,5	0,73	2900	1 532	2,09
4800	559,1	0,76	2800	1 643	2,23
4700	583,1	0,79	2700	1 767	2,40
4600	608 7	0,83	2600	1 905	2,59
4500	636.1	0,86	2500	2 061	2,81
4400	665,3	0,90	2400	2 236	3,04
4300	696,7	0,95	2300	2 435	3,31
4200	730,2	0,99	2200	2 661	3,62
4100	766,2	1,04	2100	2 921	3,97
4000	805,0	1,09	2000	3 220	4,38
3900	846,8	1,15	1900	3 568	4 9
3800	892,0	1,21	1800	3 975	5,4
3700	940,1	1,28	1700	4 457	6,1
3600	994	1,35	1600	5 031	6,9
3550	1022	1,39	1500	5 725	7,8
3500	1052	1,43	1400	6 572	8,9
3450	1082	1,47	1300	7 622	10,4
3400	1114	1,52	1200	8 945	12,2
3350	1147	1,56	1100	10 645	14,5
3300	1182	1,61	1000	12 880	17,5

1) W tablicy podane są zredukowane długości wahadeł, które mierzy się od linii gięcia się sprężynki do środka wahań (rys. 109).

4. Części składowe wahadła zegarowego

a. Zawieszka

Jeżeli wahadło ma należycie pracować, to nie powinno w zawieszeniu tracić wiele energii.

Początkowo wahadła zawieszane były na pojedynczej, cienkiej nitce. Ponieważ pojedyncza nitka często się skręcała, więc zastosowano nitkę podwójną. Jednakowoż nitka pod wpływem wilgotnego powietrza ulegała w krótkim czasie zniszczeniu. Zastosowano zatem, zwłaszcza przy ciężkich wahadłach, inne zawieszki, jak: łożyskowe, kuliste, stożkowe, nożowe itp.

Zawieszki te były dosyć skomplikowane, przy tym ich płaszczczyzny tarcia w miejscu zawieszenia ulegały zużyciu, dlatego w nowoczesnych zegarach nie mają zastosowania. Spośród nich spotyka się jeszcze czasem zawieszki nożowe, stosowane dawniej w zegarach wieżowych i precyzyjnych. Wadą tego zawieszenia było szybkie zużywanie się ostrzy wskutek tarcia oraz wrażliwość na wstrząsy. Dlatego dzisiaj we wszystkich prawie zegarach wahadłowych stosuje się zawieszki sprężynkowe.

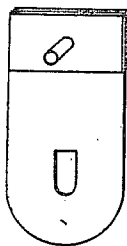
Zawieszka ze stalowych sprężynek przewyższa swą jakością wszystkie znane sposoby zawieszania wahadła, dlatego wyparła ona inne rodzaje zawieszek. Obecnie stosowana jest nawet w takich zegarach.

Zawieszkę sprężynkową wynalazł ksiądz Adam Kochański, jezuita (1631 — 1700). Składa się ona z jednego lub dwóch cienkich pasków stalowych, które uchwycone są w dwóch oprawkach mosiężnych przy pomocy śrub lub nitów. Górna oprawka umocowana jest w *siodelku* zwykle za pomocą kołka. Na dolnej oprawce zawieszka się pręt wahadła.

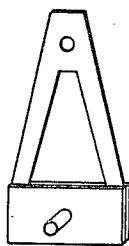
Rzecz jasna, że obydwie sprężynki w zawieszce muszą być zupełnie proste, bez śladu zgięcia oraz jednakowej grubości i długości. Im cieńsze tym lepsze, byle tylko utrzymały ciężar wahadła. Na rys. 110 — 112 przedstawione są zwykłe, częściej stosowane zawieszki.

Zawieszki uwidocznione na rys. 110 i 111 używane bywają do tańszych zegarów. Przy pierwszej zawieszce zaoszczędzamy dolną oprawkę, gdyż wahadło zawiesza się tu bezpośrednio na sprężynce, do czego służy podłużny otwór. Przy drugiej zaś zaoszczędzamy górną oprawkę. Na dole ma ona kołek poprzeczny do zawieszenia haczyka wahadła.

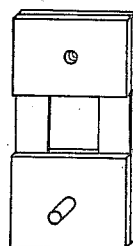
Najczęściej bywają stosowane takie zawieszki, jak na rysunku 112. Dwie cienkie sprężynki umocowane są między znitowanymi płytkami mosiężnymi. W górnej oprawce znajduje się otwór na mocujący kołek, w dolnej zaś widać poprzeczny kołek do zawieszania pręta wahadła.



Rys. 110.



Rys. 111.



Rys. 112

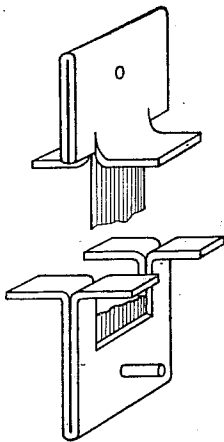
Zawieszki wahadeł zegarowych

Ponieważ sprężynki zawieszek są delikatne i często ulegają uszkodzeniom, dlatego stosowane są również zawieszki z ulepszonymi oprawkami, które zapobiegają zbyt niemu zgięciu lub złamaniu sprężynek. Dwie takie zawieszki widzimy na rys. 113 i 114. Zawieszki te są także stosowane w zegarach wieżowych. Górne i dolne oprawki mają rozchylone łapki i wpuszczone we wcięcia znajdujące się po przeciwnej stronie. Nie przeszkadzają one wychylaniu się wahadła, chroniąc sprężynki przed niewłaściwymi zgięciami i przypadkowymi skręceniami.

Wahadło nie powinno wykazywać w zawieszeniu zakleszczeń ani zbyt niemu luzu. Gdy ma za duży luz, to soczewka wahadła „tańczy“, jeżeli natomiast jest zbyt ściśnięte.

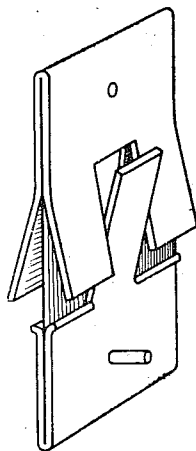
to może wahać się nieregularnie lub nawet się zatrzymać. Górna oprawka zawieszki powinna być tak osadzona w siodełku, ażeby wahadło swoim ciężarem utrzymywało zawieszkę w pionowej pozycji.

Stopień zahartowania, grubość, długość i szerokość sprężynki nie są bez wpływu na czas wahnięć wahadła. Wahadła ciężkie powinny mieć sprężynkę grubszą i szerszą niż wahadła lekkie. Za krótkie sprężynki muszą się zbyt silnie wyginać, za długie zaś ulegają bocznym skrzywieniom (rys. 115) podczas impulsów działających na wahadło.



Rys. 113

Zawieszki z ulepszonymi oprawkami



Rys. 114

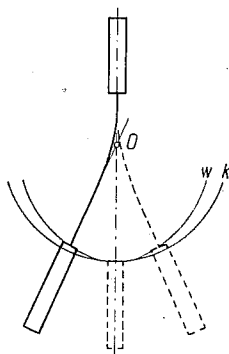
Zasadniczą podstawą do ustalenia wymiarów sprężynki jest ogólny ciężar wahadła, a więc pręta i soczewki. Grubość sprężynki musi być tak dobrana, żeby wytrzymała obciążenie, które dla bezpieczeństwa nie powinno przekraczać 10 kg/mm^2 . Grubość tę przyjmuje się od 0,05 do 0,2 mm. Szerokość natomiast — od 2 do 10 mm. Długość pozostaje w stosunku 1 : 2, czasem 1 : 3 szerokości. Sprężystość maleje proporcjonalnie do jej długości, a wzrasta proporcjonalnie do jej szerokości.

Siła sprężynki rośnie do trzeciej potęgi w stosunku do jej grubości.

Stwierdzono, że teoretyczna linia zginania się sprężynki jest w odległości około $\frac{1}{3}$ jej długości od góry (rys. 116). Linia ta powinna być na wysokości środka wałka kotwicy, który jest zarazem osią obrotu widełek. Wskutek tego widełki zataczają te same łuki naokoło tego samego środka, co i wahadło, i dlatego nie powstają w miejscu zetknięcia widełek z prętem wahadła żadne niepotrzebne tarcia i tłumienia ruchów.



Rys. 115. Niekorzystne wygięcie się długich sprężynek



Rys. 116. Teoretyczna linia O gięcia się sprężynki wahadła

Podczas wahanía się wahadła górna oprawka pozostaje w pozycji pionowej, ponieważ umocowana jest na stałe. Natomiast dolna oprawka odchyła się raz w jedną, drugi raz w drugą stronę. Jak widać na rys. 116, dolny koniec sprężynki nie zakreśla linii kołowej k , lecz krzywą w .

Największą zaletą zawieszki sprężynkowej jest to, że umożliwia poprawienie izochronizmu wahań wahadła, nawet przy wychyleniach większych niż 2 stopnie.

Dzięki zawieszce sprężynkowej wahadło kołysze się w jednej płaszczyźnie. Opór sprężynki na zgięcie jest też bardzo nieznaczny, zwłaszcza przy dłuższych wahadłach o małej amplitudzie i odpowiednio dobranej sprężynce.

Dalszą zaletą jest niezmiennosc i elastycznosc. Wada natomiast jest czulość delikatnych sprężynek na uszkodzenia. Przy lepszych i większych zegarach stosuje się zwykle dwie sprężynki, wskutek czego płaszczyzna wahania jest równiejsza.

Czasami nawet w zegarach wieżowych zdarza się, że siodełko wahadła znajduje się nie na szkielecie, lecz oddzielnie na ścianie wieży. Ma to swoją zaletę, gdyż punkt zawieszenia (siodełko) jest sztywniejszy. Ale może się czasem zdarzyć, że linia zginania się sprężynki nie zawsze będzie się pokrywała z osią obrotu widełek, co może spowodować błąd w chodzie zegara, lub nawet zatrzymanie.

b. Pręt wahadła

Pręt wahadła jest częścią pośrednią między soczewką a zawieszką i razem z nią stanowi długość wahadła zegarowego. Ponieważ zmiany długości wpływają na równomierność wahań wahadła, a wiemy, że ciała wskutek ciepła się rozszerzają (rozszerzalność ciał), natomiast wskutek zimna kurczą, wobec tego na pręt wahadła należy wybierać taki materiał, który najmniej ulega rozszerzaniu się.

Właśnie zegary wieżowe z pomiędzy wszystkich innych najbardziej wystawione są na wpływ zmian temperatury ze względu na swe umiejscowienie. Dlatego na pręty wahadła używa się drewna jodłowego lub świerkowego, które okazały się do celu stosunkowo najlepsze i najtańsze. Są wprawdzie i inne materiały o małej rozszerzalności, na przykład szkło, kwarc lub inwar (stal niklowa). Jednak pręt ze szkła byłby za kruchy, wskutek czego mógłby się łatwo złamać, natomiast z inwaru byłby za kosztowny, więc stosowany jest tylko w zegarach o dużej dokładności.

W zegarach astronomicznych i precyzyjnych zegarach domowych stosuje się *wahadła kompensacyjne*, które — w mniejszym lub większym stopniu — same wyrównują zmiany dłu-

gości powstające wskutek zmian temperatury. Wahadła takie są w zegarach wieżowych bardzo rzadko stosowane, dlatego będzie o nich mowa w następnej części „Zegarmistrzostwa“.

Drewno na pręt wahadła musi być dobrze wysuszone, następnie wygotowane w lnianym oleju. Po nadaniu zaś prętowi właściwego przekroju poprzecznego — soczewki dwustronnie wypukłej — pociąga się jego powierzchnię lakierem, w celu zabezpieczenia przed wilgocią. Współczynnik rozszerzalności wzdłużnej tak przygotowanego drewna jest mniejszy od współczynnika rozszerzalności szkła.

Pręt wahadła w górnej części zaopatrzony jest w hak służący do zawieszenia na sprężynce wahadła. U dołu zaś zamocowana jest śruba z nakrętką, za pomocą której można przesuwając soczewkę, czyli regulować matematyczną długość wahadła.

Ciężar pręta wahadła wynosi zwykle od 10 do 15% ogólnego ciężaru wahadła.

c. Soczewka wahadła

Soczewką — jak wiemy — nazywa się ciężar znajdujący się w dolnej części pręta wahadła. Ciężar ten winien odpowiadać dwu zasadniczym warunkom: winien być dostatecznie ciężki i mieć taki kształt, żeby podczas ruchu powietrze stawiało mu jak najmniejszy opór. Mimo, że kula w stosunku do swej objętości jest dość ciężka, to jednak nie odpowiada tym wymaganiom. Jasne jest, że wahadło podczas swego ruchu z dwu tylko stron napotyka opór powietrza. Wystarczy przeto, jeśli krańce ciężaru, zwrócone w stronę jego ruchu, będą miały jak najmniejszą powierzchnię. Wymaganiu temu czynimy zadość, przez nadanie ciężarowi kształtu soczewki obustronnie wypukłej, o ostrych krawędziach. Jest to kształt najbardziej zbliżony do aerodynamicznego. Tej szczególnej postaci ciężar zawdzięcza swą właściwą nazwę: *soczewka*.

Opór powietrza wobec soczewki nie jest zawsze jednakowy, ciepłe powietrze jest lżejsze niż zimne, a rozrzedzone również lżejsze niż gęste. Wpływ ten jednakże na wahadło nie jest zbyt duży i wchodzi w grę tylko przy zegarach precyzyjnych.

Ciężar soczewki uzależniony jest od konstrukcji wychwyty oraz od amplitudy i długości wahadła. Im mniejsza amplituda i dłuższe wahadło, tym soczewka musi być cięższa. Natomiast u zegarów z krótkim wahadłem i dużą amplitudą soczewka ma być lżejsza. U zegarów wieżowych, zależnie od długości wahadła i wielkości amplitudy można spotkać soczewki od 5 do 50 kg.

Soczewka wahadła w zegarach wieżowych wykonana jest z żeliwa. Do osadzenia pręta wahadła znajduje się w niej otwór.

Trzeba stwierdzić, że dotychczas ciężar wahadła ustalany był doświadczałnie na podstawie istniejących już modeli, które stopniowo ulepszano, tak pod względem wymiarów, jak i kształtów. Nie spotykało się jednak w literaturze fachowej wzorów matematycznych, na podstawie których można by było obliczyć ciężar wahadła. Dopiero w 1951 roku w 3 i 4 numerze czasopisma niemieckiego „Neue Uhrmacher-Zeitung“ — ukazał się — prawdopodobnie na skutek naszych zapytań — obszerny artykuł na temat ciężaru wahadła z podanymi wzorami do obliczeń. Ponieważ wzory te wraz z objaśnieniami zajęłyby nam sporo miejsca, a przypuszczamy, że niewielu zegarmistrzów mogłoby z nich korzystać, dlatego tu ich nie zamieszczamy.

Praktycznie rzecz biorąc obliczanie ciężaru wahadła do zwykłych zegarów nie wpłynie i tak na jakość ich chodu. W takich wypadkach można powiedzieć, że ciężar wahadła nie ma żadnego wpływu na czas jego w a h n i ę ć. Obliczanie ciężaru wahadła stosuje się tylko do zegarów precyzyjnych, u których wszystkie części wykonane są według obliczeń.

5. Połączenie wahadła z wychwytem

Urządzenie do przenoszenia impulsu z wychwyty na regulator w różnych zegarach rozmaicie bywa rozwiązane. W większości wychwyty kotwicowych, stosowanych szczególnie w zegarkach i zegarach domowych, połączenie wychwyty z regulatorem w celu przenoszenia impulsu następuje za pośrednictwem *widełek*, stanowiących jedną całość z kotwicą. Nazwa ta pochodzi stąd, że ta część kotwicy ma właśnie kształt widełek.

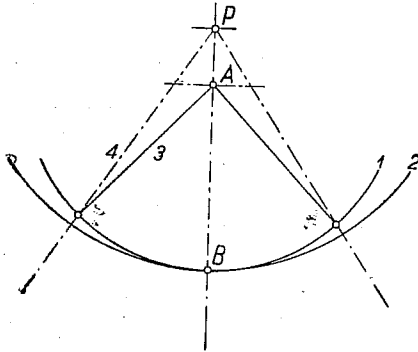
W zegarach wahadłowych kotwica jest oddzielną częścią i widełki oddzielną. Wprawdzie u zegarów wahadłowych, a szczególnie wieżowych, część łącząca wahadło z wychwytem niczym nie przypomina widełek, jednak zachowujemy tę samą nazwę *widełki*, aby nie wprowadzać zamętu do terminologii.

W wolnych wychwytach wahadłowych widełek nie ma, gdyż tam impuls jest przenoszony przy pomocy dźwigni ciężeniowych lub sprężynowych.

Pręt wahadła i kotwica są osadzone możliwie najbliżej siebie. Nie łączą się jednak bezpośrednio, lecz przy pomocy widełek, gdyż inaczej wahadło wywierałoby zbyt wielki nacisk na łożyska wałka kotwicy, co wpływałoby ujemnie na izochronizm wahnięć. Jeżeli widełki są za daleko od pręta wahadła, i nie są dostatecznie sztywne, to przy każdym wahnięciu soczewka wahadła nieco się przekręca i znowu powstaje nieregularność chodu.

Połączenia wałka kotwicy z wahadłem stosowane są w zegarach wieżowych w ten sposób, że od wałka kotwicy prowadzi drążek widełek, który na końcu ma zwykle dwa kołki w kształcie widełek, albo jeden kołek stalowy. Kołek ten pracuje w wycięciu pręta wahadła. W prętach drewnianych wycięcie to jest okute mosiężnymi płytkami dokładnie pasującymi do średnicy kołka. Kołek zaś jest dobrze opolerowany i tak dopasowany do tego otworu, by pracował bez luzu i bez zakleszczenia się, co pozwala uniknąć strat energii i niemiłego stuku.

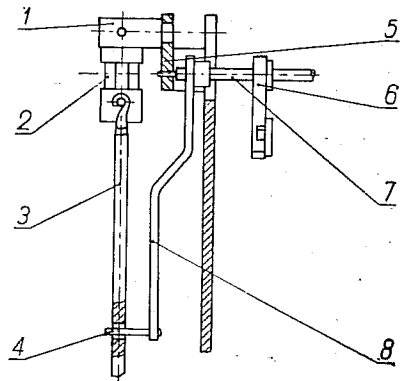
Konstruktorzy starają się stosować widełki przestawialne. Widełki te bowiem pozwalają tak regulować wychwyty, ażeby obydwie palety równo zazębiały się z kołem wychwytowym. Nierównomierne zazębianie poznaje się po tym, że zegar „utyka“ (kuleje, tj. ma niejednakową straconą drogę), co może doprowadzić do zatrzymania się zegara.



Rys. 117. Błędy w wahnięciach wahadła wywołane wskutek niewłaściwego jego zawieszenia w stosunku do osi obrotu widełek

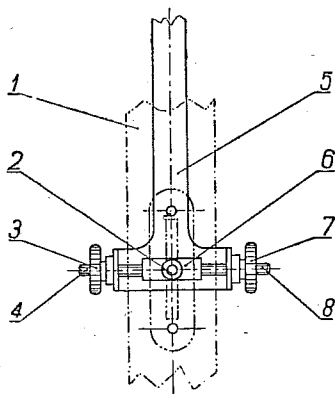
P = linia zginania się sprężynki wahadła, A = oś obrotu widełek, B = punkt zetknięcia się wahadła z widełkami, 1 = łuk, po którym wahają się widełki, 2 = łuk, po którym waha się wahadło, 3 = promień (długość) widełek, 4 = promień (długość) wahadła.

Rys. 118. Połączenie kotwicy z wahadłem

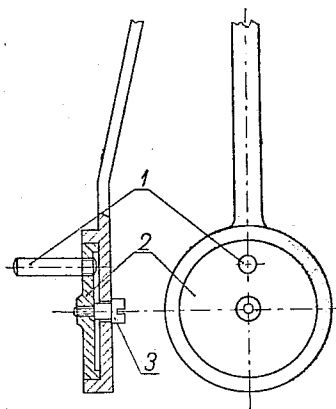


Oś wałka kotwicy powinna być na tej samej wysokości, co teoretyczna linia gięcia się sprężynki wahadła. Jeżeli jest w tym przypadku większa różnica, to punkt zetknięcia się widełek z wahadłem podczas wahanja przesuwa się w górę i w dół powodując szkodliwe tarcie (rys. 117).

Na rys. 118 widzimy połączenie kotwicy z wahadłem. Na wałku kotwicy 7 znajduje się kotwica 6. Wałek ten jest ułożyskowany w mostku 5. Z tego mostka wystaje siodełko 1, w którego wycięciu spoczywa na kołku zawieszka wahadła z podwójnymi sprężynkami 2. Na zawieszce wisi pręt wahadła 3. Drażek widełek 8 umocowany jest na wałku 7, w ten sposób, aby można go było w razie potrzeby obrócić trochę na wałku. Zdarza się to u zegarów domowych, gdy przy pionowym zawieszeniu szafki zegara chcemy ustawić chód (straconą drogę). W zegarach wieżowych drażek widełek na wałku kotwicy jest osadzony na stałe. Chód ustawia się odpowiednimi wkrętkami w otworze wahadła, do którego wchodzi stalowy kołek 4.



Rys. 119. Regulacja połączenia drażka widełek z wahadłem



Rys. 120. Mimośrodowa regulacja połączenia drażka widełek z wahadłem

Na rys. 119 przedstawione jest nastawialne połączenie drażka widełek z wahadłem. Połączenie to ma tę zaletę, że drażek może być umocowany na wałku kotwicy na stałe, a mimo to można regulować straconą drogę (nierównomierne tiki zegara). Drażek widełek 5 jest na końcu tak rozszerzony, żeby między zakrzywionymi ściankami widełek zmieścił się klocek 6 zaopatrzony

w śruby 4 i 8 z radełkowanymi nakrętkami 3 i 7. W kločku 6 osadzony jest kołek 2 pracujący w wycięciu pręta wahadła 1. Jeżeli zachodzi potrzeba przesunięcia kołka w bok, wówczas pokręcimy nakrętki 3 i 7 w odpowiednią stronę. Ponieważ klocek 6 nie może się obracać, gdyż suwa się w oprawie widełek, musi się więc przesunąć w bok razem z osadzonym w nim kołkiem 2.

Inne połączenie przedstawione na rys. 120 składa się z krążka 2 osadzonego na końcu drążka widełek. W krążku tym osadzony jest kołek 1 pracujący w otworze wahadła. W celu ustawienia chodu wystarczy zluźnić wkładkę 3, przekręcić nieco krążek 2, aby kołek 1 przesunął się w bok o tyle, ile jest potrzebne do równomiernego chodu. Obecnie zamiast wkładki 3 stosuje się płytkę sprężynującą.

Są jeszcze inne urządzenia łączące wychwyty z regulatorem. Stosowane są one raczej do precyzyjnych zegarów domowych i astronomicznych, dlatego opiszemy je w innej części „Zegarmistrzostwa“.

6. Regulacja

a. Długości wahadła

Różnica dobowych wskazań zegara powinna być przez regulację doprowadzona do zera. U zegarów wieżowych można taką regulację przeprowadzić z grubsza, z dokładnością od kilku do kilkudziesięciu sekund na dobę. U zegarów precyzyjnych dokładniejszą regulację uzyskuje się zwykle przy pomocy ciężarków dokładanych na talerzyk umieszczony na pręcie wahadła, albo przez zmianę ciśnienia powietrza, czyli „stosowanie próżni“.

Tak u najlepszych zegarów jak i u najprostszych stosowane są obecnie urządzenia nakrętkowe mające na celu obniżenie lub podniesienie soczewki na pręcie wahadła, czyli podłużenie lub skrócenie matematycznej długości wahadła. Dawniej, gdy wa-

hadła zawieszane były na nitkach lub tasiemkach, regulowanie długości wahadła odbywało się nad zawieszką przez nawijanie lub odwijanie nitki na regulacyjnym wałku.

Każdy zegar przed opuszczeniem wytwórni jest wyregulowany a pozycja soczewki na pręcie wahadła dokładnie oznaczona. Może się jednak zdarzyć, że zegar po zmontowaniu nie będzie należycie chodził. Jeżeli więc zegar się spieszy, to należy soczewkę obniżyć przez odpowiednie odkręcenie *nakrętki regulacyjnej* znajdującej się na końcu pręta wahadła pod soczewką; jeżeli natomiast zegar się spóźnia, tę samą nakrętkę podkręca się w górę. Gwint tych nakrętek jest przeważnie tak obliczony, że jeden obrót nakrętki powoduje różnicę chodu wynoszącą minutę na dobę. Gdy więc zegar na tydzień późni się, np. o minutę, to należy nakrętkę regulacyjną obrócić w prawo o $\frac{1}{7}$ obrotu.

Wypada tutaj zwrócić uwagę, że obracanie nakrętki regulacyjnej należy przeprowadzać bardzo ostrożnie, przytrzymując równocześnie soczewkę, ażeby przez energiczny obrót nie zgiąć lub nawet nie ułamać sprężynki zawieszki. Uruchamiając wahadło, należy to czynić delikatnie, a nie energicznym uderzeniem.

Celem przyspieszenia regulacji zegara można zaobserwować, w ilu sekundach koło wychwytowe robi jeden obrót, a po przekręceniu nakrętki regulacyjnej znowu sprawdzić i obliczyć ile zegar robi różnicy. Lepszym sposobem regulacji zegara jest sprawdzanie czasu od momentu pierwszego uderzenia jednej godziny do takiego samego momentu następnej godziny.

Celem ułatwienia orientacji podczas regulowania zegara, nakrętka regulacyjna ma zwykle na obwodzie odpowiednią podziałkę. Jeżeli takiej podziałki nie ma, to należy zrobić odpowiednie znaki na nakrętce i na soczewce, aby było wiadomo przy następnej regulacji, o ile nakrętkę regulacyjną obrócić. U niektórych zegarów nagwintowany koniec pręta wahadła jest rozcięty, wskutek czego sprężynuje i zabezpiecza nakrętkę regulacyjną od odkręcania się. Soczewka wahadła musi się lekko

przesuwać na pręcie wahadła. Miejsce zetknięcia się soczewki z nakrętką regulacyjną powinno być opolerowane, a gwint lekko naoliwiony.

b. Regulacja amplitudy

Doregulowanie amplitudy przeprowadza się zasadniczo zmniejszaniem lub zwiększaniem ciężaru obciążnika napędowego. Można to łatwo zrobić, jeżeli wiemy, jak duże powinny być wychylenia wahadła, czyli amplituda. Dlatego też w niektórych zegarach pod końcem wahadła umieszczona jest podziałka stopniowa, według której możemy sprawdzać amplitudę wahadła. Aby zegar dobrze chodził, amplituda nie powinna być większa, niż to wynika z konstrukcji wychwyty. Na przykład w wychwytyce Grahama nie powinna przekraczać sumy kątów wzniosu, spoczynku i straconej drogi, ustalonych przy konstrukcji tego wychwyty.

Co prawda rzadko się zdarza, żeby zegarmistrz musiał obliczać i wykonywać podziałkę amplitudy wahadła. Dla całokształtu jednak podajemy sposób, jak taką podziałkę się oblicza. Zależy ona od całkowitej długości wahadła. Odległość między dwoma kreskami, obejmującymi jeden stopień wahnięcia wahadła, wyszukujemy w ten sposób, że ogólną długość wahadła mnożymy przez stałą liczbę 0,017 46 (tangens kąta jednego stopnia).

Należy tu zaznaczyć, że w tym obliczeniu bierzemy pod uwagę całkowitą długość wahadła, czyli od linii gięcia się sprężynki do dolnego końca pręta pod soczewką. Jeżeli więc długość matematyczna danego wahadła wynosi 1767 mm, to musimy dodać do tego jeszcze promień soczewki i długość wystającego pod soczewką końca gwintu, czyli razem mniej więcej 133 mm. Wobec tego całkowita długość wahadła ma 1900 mm. Ta liczba pomnożona przez 0,017 46 daje wynik 33,174, okrągło 33 mm. Umieszczamy więc tyle takich odcinków od środkowego położenia, ile stopni wynosi amplituda wahadła. Jeżeli każdy taki

odcinek podzielimy na 12 równych części, to od kreski do kreski mamy pięciominutowy kąt wahnięcia. Po zaznaczeniu całych stopni dłuższymi, a minut krótszymi kreskami, i umieszczeniu podziałki pod końcem wahadła, mamy możliwość zaobserwować, w granicach ilu stopni i minut odbywają się wahnięcia wahadła.

K. TARCZE I WSKAZÓWKI

1. Tarcze

a. Ogólnie

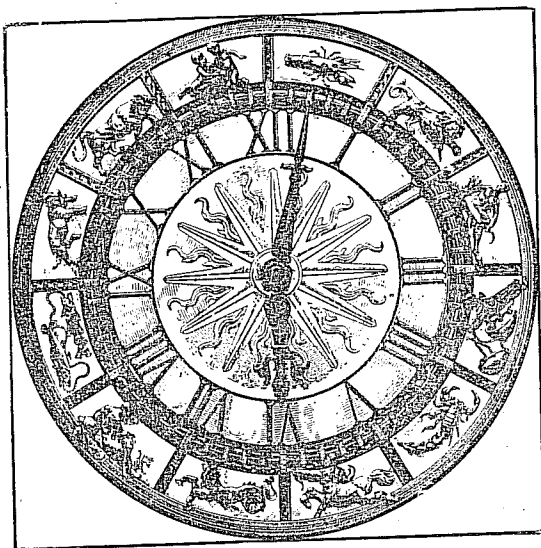
Mechanizm zegara działa i odlicza czas. Wyniki jego pracy należy uwidocznić na zewnątrz za pośrednictwem pędni i przekładni wskazań. Najczęściej czyni się to przy pomocy wskazówek i tarcz, które w tym miejscu opisujemy.

Gdy omawialiśmy człony zegara ukryte wewnątrz wieży, względy architektoniczne nie odgrywały żadnej roli. Teraz zaś, gdy występujemy na zewnątrz, również i architekturze musimy dać głos. Zegar bowiem publiczny ma służyć nie tylko względom praktycznym, tj. wskazywać ogółowi dokładny czas, ale powinien również upiększać daną budowlę. Przy instalowaniu zegara wieżowego należy mieć to na uwadze i tarcze odpowiednio dobierać — zwłaszcza gdy motywy architektoniczne danego budynku są pięknie i praktyczniej zharmonizowane.

Wspomnieć nawiasem należy, że w dawnych czasach znajdowały się niekiedy zegary bez tarcz, które tylko wydzwanianiem godzin oznajmiały upływający czas. Zegar taki znajdował się do ostatniej wojny na wieży kolegiaty łowickiej.

Same tarcze mogą mieć różną postać. Artysty upiększają je niejednokrotnie różnymi ornamentami, zależnie od stylu danej budowy. Chodzi jednak o to, by pod tym względem nie prze-

sadzić i żeby widoczność na tym nie ucierpiała. Ciekawy przykład ozdobnej tarczy widzimy na rys. 121. Podobną tarczę zainstalowano niedawno na jednym z banków w Sofii (Bułgaria).



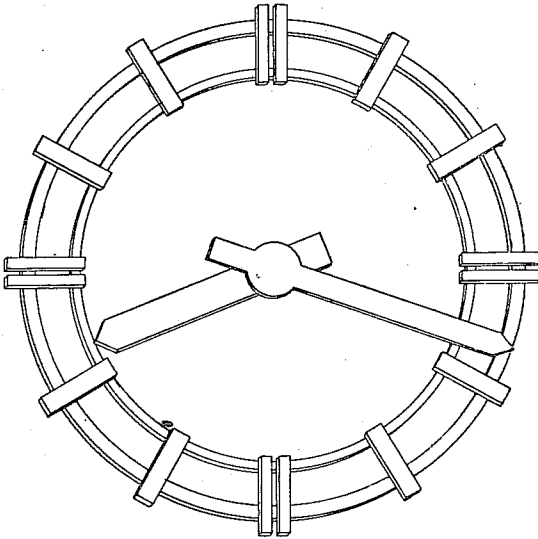
Rys. 121. Ozdobna tarcza zegara wieżowego

b. Materiał tarcz

Tarcze zegara wieżowego wykonywane są zwykle z kamienia, łupku, tynku, cegły, żelaza, miedzi, a w starych zegarach spotyka się nawet z drewna, zaopatrzone często daszkami ochronnymi. Tarcze drewniane są mniej trwałe i złącza ich bardzo się odcinają.

Najczęściej stosowane są tarcze metalowe. Przynitowane są zwykle na żelaznych pierścieniach z odpowiednim usztywnieniem. Powinny one być po wykonaniu pokryte minią albo inną powłoką przeciwrdzewną, następnie mazane (szpachlowane) i kilkakrotnie pomalowane lakierem odpornym na wpływy at-

mosferyczne. Tarcze takie, a zwłaszcza z blachy cynkowej, są tanie i praktyczne. Na blasze maluje się cyfry farbą olejną. Deszcz i śnieg nie wiele zatrzymuje się na takiej tarczy, a wskazówki są bardziej widoczne. Zamiast blachy cynkowej można zastosować blachę miedzianą; jest ona jednak droższa, ale pokrywa się patyną, więc nie potrzeba jej malować.



Rys. 122. Ażurowa tarcza zegara wieżowego

Czasem można spotkać tarcze ażurowe, składające się z dwóch pierścieni, na których nałożone są cyfry lub kresy. Taką tarczę nowego typu widzimy na rys. 122. Tarcza ażurowa ma tę zaletę, że może być również umieszczona na żaluzjowych oknach od dzwonów. Jednak cyfry takiej tarczy narażone są na rdzewienie, gdyż woda zatrzymuje się w załamaniach.

Stosuje się również emaliowane tarcze, składane z wielu kawałków i przymocowywane na szkielecie żelaznym, albo przykręcane do podkładu drewnianego. Musi to jednak być emalia

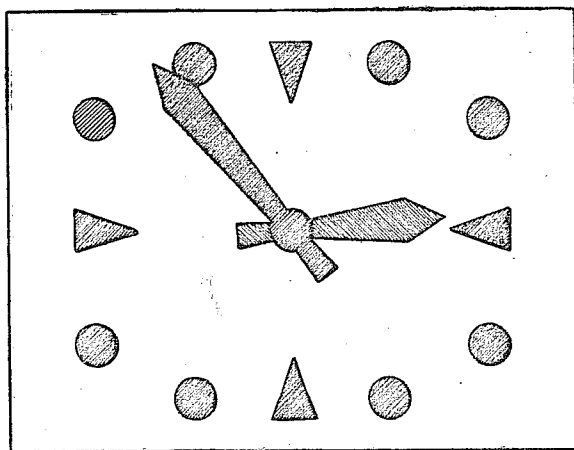
dobrego gatunku; gdyż w przeciwnym razie pod wpływem mrozu i promieni słonecznych łatwo odpryskuje.

W przypadku większych otworów dobre są szkielety żeliwne wypełniane szkłem. Mniejsza tarcza ze szkła zwykłego składa się z części środkowej i czterech wycinków osadzonych w stalowej ramie, tak że wycinki można oddzielnie wyjmować. Wewnętrzna powierzchnia tych tarcz, na których namalowane są cyfry, jest szorstka, a z zewnątrz szlifowana matowo, aby uniknąć niepożądanych refleksów. Natomiast większe tarcze — ponad 2 m średnicy — są wykonywane z 13 części, z których jedna część tworzy środek, a 12 przedstawiają pola dla 12 cyfr godzinowych. Te 13 części tarczy montuje się na okrągłej kracie z żelaza teowego.

Chcąc uchronić zewnętrzny lakier, tarczę i wskazówki od wpływów atmosferycznych, stosuje się czasem pokrywę ze szkła lustrzanego. Jest to jednak niedogodne, gdyż z pewnych punktów obserwacyjnych są tak silne refleksy od słońca, że cyfry i wskazówki stają się zupełnie niewidoczne.

Fabryka Mięśowicza w Krośnie wykonywała oprócz tarcz blaszanych również szklane tarcze transparentowe do elektrycznego oświetlenia od wewnątrz. Tarcze te wykonywane były ze szkła lustrzanego, matowego, grubości 7—8 mm. W środku miały otwór i tuleję metalową do przeprowadzenia osi i tulei wskazówek. Tarcza taka była osadzona w ramie z żelaza kąтового z przynitowanymi kotwami do wmurowania w ścianę wieży. Większe tarcze transparentowe wykonywano na szkielecie w ten sposób, że żelazna rama i cyfry tworzyły całość, w którą — od wewnątrz, poza cyfry — wstawiano kawałki szkła mlecznego, w środku zaś tarczy była jedna tafła z grubego szkła lustrzanego z zewnątrz gładka a matowana od wewnątrz, z otworem i tuleją w środku. Tarcze takie były trwałe, a na wypadek uszkodzenia można było pojedyncze części szkła mlecznego lub nawet całą tafłę środkową od wewnątrz wieży osadzić i zakitować nie zdejmując całej tarczy.

Jeszcze inna tarcza niewrażliwa na wpływy atmosferyczne, może być wykonana z grubej płyty białego albo czarnego szkła, w którym cyfry są wgłębione i malowane na kolor czarny lub złoty. Tarcza taka umocowywana bywa w żelaznej obręczy na kucie szklarskim, aby woda nie dostawała się poza obręcz i nie powodowała rdzewienia, wskutek czego mogłyby powstać ciemne plamy na tarczy. Dla lepszego oparcia tarczy w obręczy można u dołu powkładać listewki z korków.



Rys. 123. Jedna z tarcz na kościele w Niepokalanowie

Z powyższych rozważań wynika, że najlepszym rozwiązaniem transparentowej tarczy szklanej jest stosowanie dwóch płaszczyzn szklanych, ściśle ze sobą złączonych, między którymi namalowane są cyfry.

Każda większa tarcza zegarowa ze szkła musi być wzmocniona obręczą z żelaza teowego, a następnie kilku kątownikami przymocowana do muru. Na wewnętrznej stronie tej obręczy przymocowana jest większa ilość blaszanych skrzydełek, które utrzymują szklaną tarczę.

Tarcze łupkowe są dosyć dobre, jeżeli nie są malowane, w przeciwnym razie otrzymują z biegiem czasu szare smugi, a wskutek tego są z odległości gorzej widzialne.

Chociaż tarcze wymagają na ogół malowania, to jednak kamienne mogą być w naturalnym kolorze. Wycięte na nich cyfry powinny być malowane na czarno. Oczywiście, że tarcze ceglane powinny być tynkowane.

Nieco inne tarcze zegara wieżowego zastosowano w Niepokalanowie (rys. 123). Otóż kółka i trójkąty (zastępujące cyfry) wykonano oddzielnie z czarnego grysiku granitowego (najtrwalszy jest granit szwedzki), połączonego cementem i uformowanego na skrzyżowanych drutach żelaznych. Druty te tworzą od spodu jakby uzbrojenie i wystają z boków tych kółek i trójkątów. Następnie znaki te nabetonowano w oznaczonych miejscach na żelbetowych ścianach wieży i zatynkowano szlachetną wyprawą tak, że wystają one tylko 5 mm z powierzchni tarczy. Jeszcze lepsze byłyby jednolite płytki z czarnego granitu lub marmuru. Tarcza taka jest kontrastowa, estetyczna, długotrwała i nie psuje architektonicznego wyglądu wieży.

c. Kolor tarcz

Kształt i barwa tarczy zegara oraz cyfry lub znaki stosuje się zależnie od tła i otoczenia. Na ciemnym murze umieszcza się białą tarczę, natomiast na jasnym tynku dobrze widoczna jest czarna tarcza. Biała płaszczyna tarczy jest jeszcze bardziej widoczna, jeżeli dany jej ciemne kwadratowe obramowanie.

Wydaje się jednak, że najlepszą barwą tarczy jest kolor czarny lub ciemno-niebieski ze złożonymi cyframi i wskazówkami, albo też bardzo jasna barwa tarczy z czarnymi wskazówkami i cyframi.

Tarcze cynkowe lub żeliwne-azurowe mają złożone cyfry przykręcane. Koszt ich jest blisko trzykrotny. Mosiężne zaś tar-

cze ze złożonymi cyframi kosztują blisko sześciokrotnie w stosunku do tarcz żelaznych z malowanymi cyframi.

Dobra pozłota wytrzyma kilkanaście lat, gorsza natomiast potrzebuje częstszego odnawiania, a skutek tego wynosi drożej. Nie należy umieszczać złożonych wskazówek na jasnej tarczy, chyba że tarcza byłaby nieduża i niewysoko umieszczona.

Stosuje się również tarcze mozaikowe z różnokolorowych płytek kamiennych. Jeśli się je należycie wykona, są one rzeczywiście niewrażliwe na wpływy atmosferyczne. Tarcza taka w artystycznym wykonaniu znajduje się u zegara na Rynku Mariensztackim przy Trasie W—Z w Warszawie.

d. Powierzchnia tarcz

Dobra widoczność wskazań zegara wieżowego zależy także od ukształtowania i jakości powierzchni tarczy. Tarcze szklane lub blaszane, malowane olejną farbą czy lakierem, nie powinny być idealnie gładkie, aby w dni pogodne nie odbijały światła słonecznego, rażącego w oczy. Z tych samych względów szkło tarczy powinno być raczej matowo szlifowane. Pod farbę powierzchnia tarczy powinna być szorstka.

Tarcza nie powinna być wypukła, gdyż wypukłość sprawia, że wskazówka minutowa niedokładnie wskazuje minuty, zwłaszcza wtedy, gdy znajduje się w pozycji poziomej. Aby uniknąć tych błędów, można wygiąć koniec wskazówki minutowej i zbliżyć ją do tarczy, tak jednak, żeby nie zaczepiała o wskazówkę godzinową. Ujemną stroną tarczy wypukłej jest jeszcze i to, że górna jej połowa wydaje się mniejsza niż dolna i zwykle jest brudniejsza.

Blaszane tarcze lepsze są lekko wklęsłe. Wklęsłość ta czyni tarczę tak samo sztywne jak i wypukłość, ale pozwala na dokładniejsze odczytywanie wskazań zegara.

e. Wymiary tarcz

Wielkość tarczy zegara wieżowego zależy od wysokości, na jakiej się znajduje. Na podstawie doświadczeń ustalono, że wystarczającą widoczność uzyskuje się wtedy, gdy średnica tarczy wynosi od $1/10$ do $1/12$ odległości od ziemi do środka tarczy.

Nie wszędzie jednak stosowana jest taka norma na średnicę tarczy zegarowej. W niektórych wypadkach trzeba od tej normy odstąpić. Zdarza się czasem, że średnica tarczy ma $1/8$, a nawet $1/5$ wysokości od ziemi. Na katedrze św. Stefana w Wiedniu na wysokości 11 m od poziomu ulicy znajduje się tarcza o średnicy 2 m, a więc stosunek tarczy do wysokości tak się ma jak 1 : 5,5.

Czasami znowu wypada tarczę dostosować do istniejącego już otworu wieży, a wówczas trudno jest zachować właściwy stosunek.

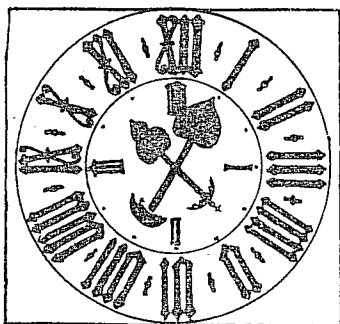
f. Podziały tarcz

Tarcza zegara ma tylko jedno przeznaczenie, mianowicie aby można było z niej szybko i bezbłędnie odczytać daną godzinę. Z tego względu sama tarcza powinna być wolna od kunsztownych ozdób i zawierać tylko najkonieczniejsze oznaczenia godzin, a czasem i minut. Im tarcza wygląda prościej, im stosunek cyfr w długości i szerokości jest odpowiedniejszy do średnicy tarczy, tym lepiej tarcza spełnia swoje zadanie.

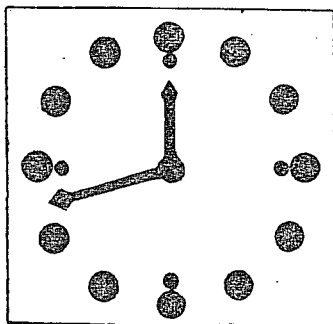
Nie jest to jeszcze wielkim błędem, gdy cyfry są za małe w stosunku do tarczy. Gorzej jest jednak, gdy tarcze są za małe, tzn. gdy nie są dostosowane swą wielkością do wysokości, na której są umieszczone, albo też gdy cyfry są za duże i pokrywają większą płaszczyznę tarczy, wskutek czego jeszcze pogarszają możliwość odczytania.

Chodzi bowiem o to, żeby środek powierzchni tarczy był dostatecznie wielki i wskazówki na niej wyraźnie się odcinały.

Z drugiej znowu strony zbyt szerokie cyfry za bardzo ze sobą się zlewają tworząc na tarczy zamazany pierścień, tak że trudno odróżnić nie tylko poszczególne godziny i minuty, ale nawet jedną wskazówkę od drugiej (rys. 124).



Rys. 124. Starodawna (mało czytelna) tarcza zegara wieżowego



Rys. 125. Tarcza (bardziej czytelna) zaprojektowana przed stu laty

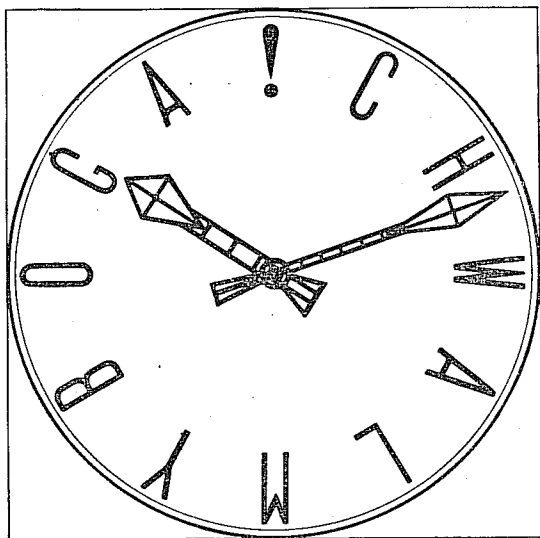
Niektórzy myślą, że do odczytania godziny na tarczy potrzebne są dokładne cyfry. Jednak tak nie jest. Wskazania czasu odczytuje się raczej z położenia wskazówek. One więc przede wszystkim powinny być wyraźnie widoczne. Praktyka wykazuje, że dużo łatwiej jest odczytać godziny na takiej tarczy, na której nie ma cyfr, lecz tylko punkty lub kresy, aniżeli na takiej, gdzie są za duże cyfry.

Zdarza się czasem, że na tarczach starych zegarów wieżowych wszystkie cyfry są duże i szerokie, a wskazówki za cienkie i wskutek tego mało widoczne. Jeżeli więc takie wskazówki zamieni się na szersze, a cyfry doprowadzi do odpowiedniej proporcji, to wyrazistość tarczy znacznie się poprawi.

Nieczytelność starodawnych tarcz zegarów wieżowych była już dawno zauważona. Jako przykład widzimy tarczę podaną na rys. 124. Jeszcze w 1845 r. astronom Littrow zaprojektował czytelną tarczę zegara wieżowego, z bardziej nowoczesnymi

wskazówkami (rys. 125). Tarcza ta najbardziej uwypukla różnicę, jaka istnieje między czytelnością jej wskazań a czytelnością wskazań tarcz starodawnych.

Z praktyki i obserwacji wielu tarcz można dojść do wniosku, że cyfry lub kresy, łącznie nawet ze skalą minutową (jeżeli znajduje się ona na tarczy) nie powinny zajmować więcej niż $\frac{1}{3}$ promienia tarczy, z czego na znaki minutowe, jeżeli być mają, przyjąć należy $\frac{1}{9}$. Znaki te co 5 minut powinny być mocno zaakcentowane.

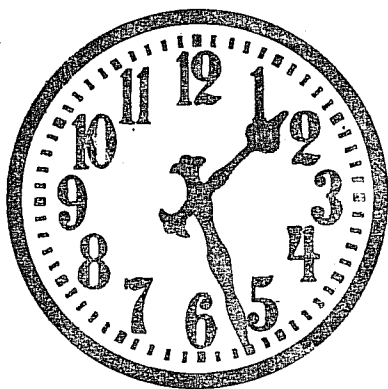


Rys. 126. Tarcza ze znakami literowymi

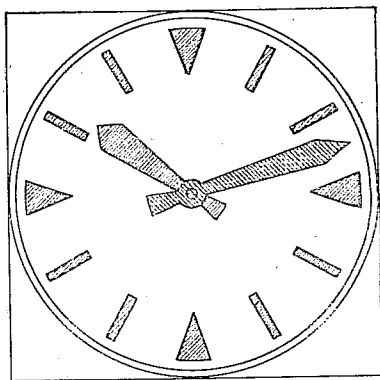
Stosunek wielkości cyfr do promienia tarczy dotyczy tak cyfr arabskich jak i rzymskich. Utrzymanie cyfr w tym stosunku pozwala na ich odczytywanie ze stosunkowo dużej odległości, pod warunkiem, że są one dostatecznie szerokie. Cyfry rzymskie z dalszej odległości są bardziej czytelne niż arabskie, gdyż arabskie ze względu na owalne kształty nie określają dostatecznie podziału godzinowego.

Zamiast cyfr mogą być na tarczy tylko znaki lub nawet litery, byle by były one utrzymane w odpowiedniej proporcji. Tarcze z literami były dawniej częściej stosowane. Z liter tych układano odpowiednie sentencje. Przykład takiej tarczy widzimy na rys. 126.

Jak dużą rolę odgrywa właściwa wielkość cyfr w stosunku do wielkości tarczy, możemy wywnioskować z rys. 127. Mimo że tarcza ta ma cyfry arabskie, jednak nie jest czytelna, gdyż cyfry te są za długie i umieszczone pionowo, wskutek tego się zlewają i nie wyznaczają dokładnej podziałki.



Rys. 127. Tarcza z za długimi cyframi arabskimi



Rys. 128. Nowocześniejsza podziałka tarczy

Najwyraźniejsza podziałka tarczy zegarów wieżowych, zwłaszcza znajdujących się na większych wysokościach, jest wówczas, gdy zamiast cyfr zrobione są kresy. Taką tarczę widzimy na rys. 128. Dodatkowo można umieścić przy wewnętrznych końcach tych kres arabskie cyfry niektórych godzin, np.: 3, 6, 9 i 12, albo też kresy tych czterech godzin zastąpić trójkątami.

Na tarczach zegarów umieszczonych bardzo wysoko kreski minutowe nie powinny być umieszczane, gdyż i tak są mało widoczne.

U zegarów ulicznych, a zwłaszcza dworcowych, umieszcza się często, oprócz cyfr godzinowych od 1 do 12, jeszcze i drugą skalę wokół od 13 do 24.

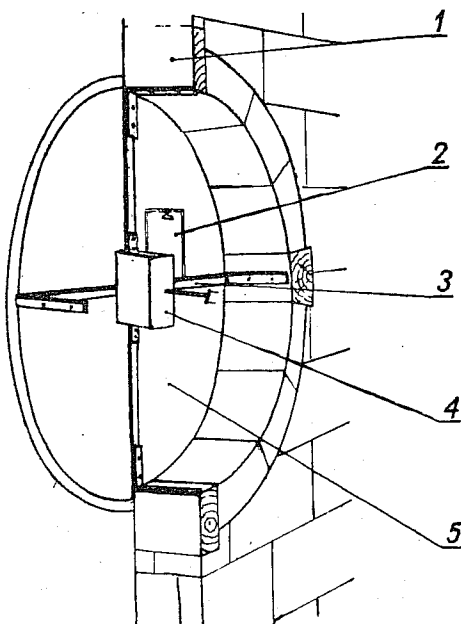
g. Umocowanie tarcz

W tym miejscu wieży, gdzie ma być umieszczona blaszana lub szklana tarcza zegara, powinno się przy budowie wieży zostawiać odpowiedni otwór.

Do umocowania tarczy na murowanej wieży, nie należy używać drewnianych „kołków“ wbijanych od zewnątrz. Bardziej nadają się do tego metalowe haki, które wbija się w spoiny (fugi) muru. Należy więc przed tym naznaczyć na murze dolną granicę tarczy, wbić dwa albo trzy dolne haki, ustawić tarczę pionowo, a następnie wbić resztę haków, które w ten sposób będą tarczę silnie przytrzymywać.

Lepsze umocowanie tarczy (rys. 129) jest wówczas możliwe, jeżeli otwór w murze jest dostatecznie duży. Przymocowanie tarczy 5 przeprowadzono w ten sposób, że cztery silne płaskowniki żelazne 3 przynitowane są do tarczy, a ich końce zgięte do wnętrza otworu w murze. Końce te przykręca się wkrętami do zamurowanych klocków 1. W ten sposób przymocowana jest również tarcza oznaczona numerem 6 na rys. 18. Zamiast płaskowników może być przynitowana szersza obręcz o średnicy otworu w murze. Wówczas odwrotna strona tarczy pozostaje wolna, tak że przekładnia wskazań 4 może być przymocowana bezpośrednio do tarczy. Takie umocowanie tarczy ma jeszcze tę zaletę, że w późniejszych latach nie musi się budować rusztowań, jeżeli zachodzi potrzeba gruntowniejszych poprawek na wskazówkach lub tarczy. Mniejsze poprawki lub zakładanie wskazówek przeprowadza się przez drzwiczki 2. Dobrze jest przed założeniem takiej tarczy narysować na odwrocie linię wskazującą kierunek od „12“ do „6“, ażeby ułatwić właściwe ustawienie tarczy.

Jeśli otwór w ścianie wieży jest za mały, a trudno go ze względów konstrukcyjnych powiększyć, to staramy się wykonać przynajmniej taką szparę na osi otworu, by można było kompletnie zmontowaną tarczę, ze wskazówkami i przekładnią wskazań, przesunąć bokiem przez tę szparę, a później już normalnie osadzić i przytwierdzić od wewnątrz. Sposób ten zaoszczędzi nam budowania zewnętrznego rusztowania.



Rys. 129. Właściwy sposób przymocowywania blaszanej tarczy na wieży

Często się zdarza, że tarcze są wgłębione w murze. Nie jest to jednak dobre, gdyż na gzymsach przy tarczy zbiera się śnieg, który przeszkadza wskazówkom minutowym. Z tego względu tarcze nie powinny mieć z zewnątrz żadnych gzymsów naokoło, ale tak licować, jak to widać na rys. 18 z lewej strony. Małe występy obrzeży, jak po stronie prawej na tym samym rysunku, jeszcze nie stanowią przeszkody, ale i takich lepiej jest

nie stosować. W wyjątkowych wypadkach, np. przy umocowaniu szklanych tarcz, obrzeża te powinny być ścięte ukośnie.

W obecnie budowanych zegarach wieżowych coraz częściej tarcze wykonuje się bezpośrednio na ścianie wieży w tynku. Tarcze takie są o tyle praktyczne, że nie wymagają tak częstego odnawiania, no i oczywiście, umocowanie jest zbyteczne. Trudniejsza jednak jest tu sprawa ewentualnych poprawek przy wskazówkach, co trzeba wykonywać od zewnątrz na rusztowaniu lub na sznurowej drabince, albo też siedząc w spuszczonej na linie koszu.

2. Wskazówki

Zegary z wychwytem wrzecionowym i kolebnikowym regulatorem chodziły bardzo nieregularnie i dlatego miały zwykle tylko jedną wskazówkę godzinową. Jeżeli dodawano drugą, to była ona znacznie krótsza od godzinowej i używano jej dla określenia kwadransów. Zegary takie spełniały swoją rolę tylko w nocy i w czasie dni bezsłonecznych. Regulowano je według zegarów słonecznych.

Gdy Huygens w połowie XVII wieku zamiast kolebnika zastosował wahadło, sprawa zmieniła się gruntownie, gdyż zaczęto stosować nie tylko wskazówki minutowe, ale później i wskazówki sekundowe. Jako datę narodzin wskazówki minutowej przyjmuje się rok 1687.

Mniejsze wskazówki wystarczy zrobić z wygiętej (wyoblonej) blachy. W celu usztywnienia daje się od tyłu drut odpowiedniej grubości. Czasami zaś wystarczy wygnieść żeberko wzdłuż wskazówki.

Jako materiał na wskazówki stosowana jest blacha miedziana, cynkowa albo aluminiowa o wymiarach:

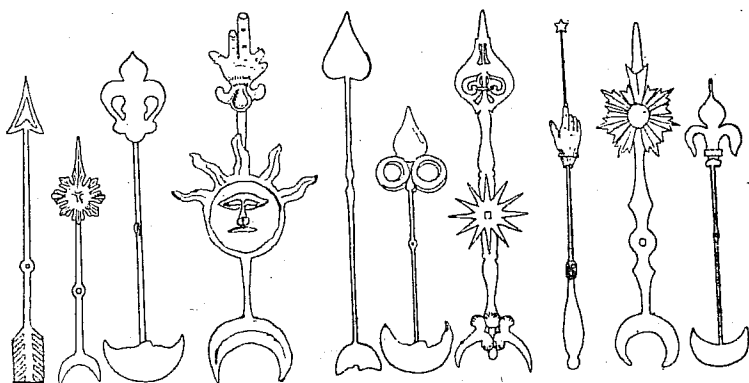
0,4 mm dla tarcz o średnicy do 80 cm

0,6 " " " " " " 120 "

1,0 " " " " " " 250 "

Wskazówki powinny być jak najlżejsze oraz dosyć silne i sztywne, aby zbyt nie drgały przy podmuchach silniejszego wiatru, a szczególnie przy co minutowym posuwaniu się skokami.

Minutowa wskazówka powinna być raczej równa i wysmukła, z tępym zakończeniem. Wskazówka godzinowa przy końcu powinna mieć rozszerzenie, zwane sercem, o kształcie zależnym od stylu budowli, wynoszące blisko $\frac{1}{5}$ długości wskazówki minutowej (rys. 131).



Rys. 130. Różne kształty starodawnych wskazówek

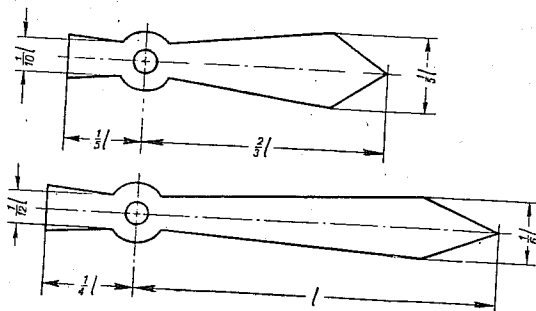
Na rys. 130 widzimy różne kształty wskazówek, jakie stosowane były dawniej do zegarów wieżowych. Takie ozdobne wskazówki wykonywano zapewne w celu upiększenia zegara. Jednak w praktyce tarcze z takimi wskazówkami były słabo czytelne.

Czarne wskazówki na jasnej tarczy mogą być dosyć szerokie i nieażurowe, ażeby były bardziej widoczne; natomiast pozłacane wskazówki na ciemnym tle powinny być ażurowe, aby nie powodowały zbyt wielu refleksów słonecznych.

Właściwa długość wskazówek jest ważnym czynnikiem w osiągnięciu estetycznego wyglądu tarczy, jak również w ła-

twym odczytywaniu czasu. Za długie wskazówki zbyt­nio zasłaniają cyfry, psują proporcję i harmonię tarczy. Za krótkie zaś wskazówki utrudniają właściwe odczytanie czasu.

Wskazówka minutowa powinna zasadniczo sięgać do zewnętrznych brzegów cyfr, a wskazówka godzinowa nie dotykać ich wewnętrznych krawędzi. Właściwy stosunek wielkości wskazówki godzinowej do minutowej przedstawiony jest na rys. 131. Przyjęta jest taka zasada, że wskazówka godzinowa ma $\frac{2}{3}$ długości minutowej. Przeciwwaga wskazówki minutowej wynosi $\frac{1}{4}$ jej długości, a przeciwwaga wskazówki godzinowej — $\frac{1}{5}$ długości wskazówki minutowej. Szerokość przeciwwagi powinna być mniejsza od szerokości serca wskazówki godzinowej.



Rys. 131. Proporcjonalne wielkości wskazówek

Przeciwwaga wskazówki służy do zrównoważenia nie tylko własnego ciężaru, ale i naporu wiatru. Brak bowiem przeciwwag, zwłaszcza u zegara z czterema tarczami, powodowałby około godz. 9. zatrzymywanie się mechanizmu. Aby temu zapobiec, należałoby zwiększyć ciężar obciążnika. Lecz skutek tego, około godz. 3., działałaby na wychwył za duża siła obciążnika, co oczywiście wpływałoby bardzo ujemnie na dokładność chodu zegara.

W tym przypadku, gdy przeciwwagi nie wyrównują całkowicie ciężaru wskazówek, stosuje się jeszcze przeciwwagi we-

wewnętrzne, zamocowane na osi minutowej i tulei godzinowej lub na kole godzinowym przekładni wskazań (rys. 78).

Jeżeli u jakiegoś zegara wieżowego wskazówki nie mają przeciwwag zewnętrznych, to powinny być silniej umocowane na osiach, gdyż wtedy łatwiej mogą się zluzować. Wskazówki minutowe lepiej „siedzą“ na czopach sześciobocznych lub okrągłych, niż na kwadratowych.

Końce wskazówek podczas pełnego obrotu powinny mieć jednakowy odstęp od powierzchni tarczy. Oprócz tego należy zwrócić uwagę, ażeby nawet przy silnym wietrze nie mogły się wzajemnie zaczepiać.

W Niepokalanowie wykonaliśmy wskazówki z milimetrowej blachy mosiężnej. Każda wskazówka składa się z dwóch blach wygiętych nieco na zewnątrz i znitowanych razem, a między tymi blachami jest drut stalowy w celu usztywnienia. Krawędzie tych wskazówek są ostre, dzięki czemu stawiają mniejszy opór wichrom i nie zatrzymują na sobie śniegu. Wskazówki godzinowe umocowane są na tulejach godzinowych przy pomocy klinów i stalowych tulejek znitowanych między blachami. Natomiast każda wskazówka minutowa przykręcona jest czterema śrubami do kołnierza wystającego na końcu osi minutowej. Przeciwwagi wskazówek wypełnione są ołowiem w celu zwiększenia ich ciężaru.

3. Oświetlenie tarcz i wskazówek

Oświetlenie tarcz zegarów wieżowych stanowi ważny problem. Przez należyte rozwiązanie tego zagadnienia zwiększa się stopień użyteczności zegara i uzyskuje piękne efekty świetlne. W ubiegłych wiekach oświetlano tarcze zegarów wieżowych światłem łuczyw, pochodni, nafty lub gazu ziemnego. Wobec rozpowszechnienia oświetlenia elektrycznego sposoby te już przeszły do historii i opisywanie ich wydaje się zbędne.

Również czynione były próby uwidocznienia cyfr i wskazówek u zegarów wieżowych podczas ciemnych nocy przez zastosowanie fosforyzującej masy radioaktywnej. Jednak sposób ten nie był szerzej stosowany, głównie ze względu na znaczny koszt takiej masy, która w najlepszym razie nie działa dłużej niż 10—12 lat i z oddali jest mało widoczna.

Obecnie można rozróżnić siedem sposobów elektrycznego oświetlania tarcz zegarów wieżowych:

- a. zewnętrzne centralne:
 - reflektorowe,
 - kinkietowe,
 - tulejowe
- b. zewnętrzne boczne
- c. wewnętrzne
- d. skrzynekowe:
 - bezpośrednie,
 - odblaskowe.

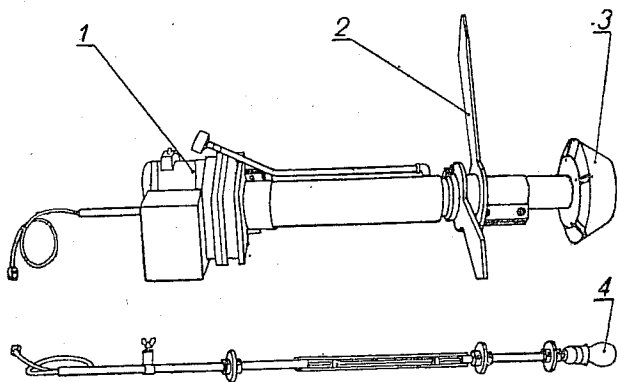
a. Zewnętrzne oświetlenie centralne

Najprostszy rodzaj zewnętrznego oświetlenia centralnego jest taki, że na przeciwległym budynku umieszcza się odpowiedni reflektor, który wysyła skupiony strumień światła na tarczę zegara i w ten sposób wszystkie trudności z oświetleniem są rozwiązane. Takie oświetlenie nazywa się *reflektorowym*.

Nieco inny sposób zewnętrznego oświetlenia centralnego tarczy zegara można widzieć, np. na Izbie Przemysłowo-Handlowej w Krakowie przy ulicy Basztowej. Obydwie tarcze oświetlone są reflektorami, umieszczonymi na rurkach osadzonych nad tarczami. Rurki te są wygięte w odległości około jednego metra od tarcz tak, by strumień światła był na nie skierowany. W takich reflektorach znajdują się żarówki po 150 wat. Jest to tzw. oświetlenie *kinkietowe*.

Bardziej skomplikowany sposób zewnętrznego oświetlenia centralnego, tzw. *tulejowy*, widzimy na rys. 132.

Oświetlenie tego rodzaju polega na tym, że zastosowana jest tylko jedna żarówka, przeprowadzona przez oś minutową, która w tym przypadku jest rurą. Na osi minutowej przymocowany jest reflektor, który osłaniając żarówkę z zewnątrz skierowuje jej światło na wskazówki i tarczę. Zaletą tego urządzenia jest możliwość łatwej zmiany żarówki w ten sposób, że od wewnątrz wyciąga się poprostu rurkę, na której osadzona jest żarówka, a po wymianie wkłada się ją z powrotem.

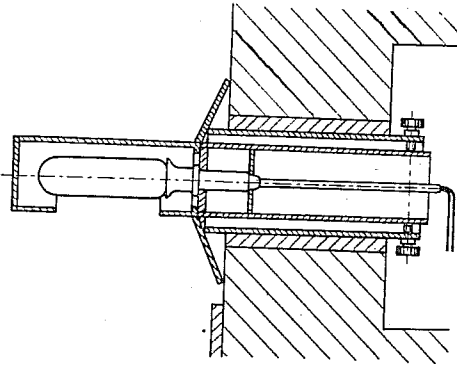


Rys. 132. Urządzenie do centralnego, tulejowego oświetlenia tarczy: 1 — obudowa przekładni wskazań, 2 — wskazówka minutowa, 3 — reflektor przymocowany do osi minutowej, skierowujący światło na tarczę i wskazówki, 4 — 100-watowa żarówka z przewodem, wkładana przez oś minutową do reflektora. W tym wypadku oś jest rurą.

Ujemną stroną tego urządzenia jest to, że reflektor musi być dosyć daleko oddalony od tarczy, ażeby stożek światła oświetlał najdalsze jej brzegi. Do dalszych minusów należą zbyt duże wymiary rur, na których są osadzone wskazówki. minutowa i godzinowa.

b. Zewnętrzne oświetlenie boczne

Zewnętrzne oświetlenie powierzchni tarcz i znaków godzin wymaga silnego kontrastowania. Przy centralnym oświetleniu zewnętrznym tło tarczy jest zwykle utrzymane w ciemnym tonie, natomiast wskazówki i kresy w jasnym; dzięki temu, tak w ciągu dnia jak i nocy, występują one biało. Przy bocznym zaś sposobie oświetlenia jasna powierzchnia tarczy oświetlona jest z boku przez większą ilość reflektorów, podczas gdy czarne wskazówki i kresy godzinowe pozostają w cieniu, tworząc w dzień i w nocy czarne znaki.



Rys. 133. Oprawy małych reflektorów osadzonych naokoło tarczy, stosowanych przy bocznym oświetleniu

Przy bocznym oświetleniu tarczy nie ma tych niedogodności, co przy oświetleniu centralnym, ale za to jest ono droższe, gdyż umieszczenie 12 małych reflektorów naokoło znaków godzinowych też jest kłopotliwe. Co prawda cylindry reflektorów dostępne są od wewnątrz i dlatego wymiana żarówek nie sprawia specjalnych trudności.

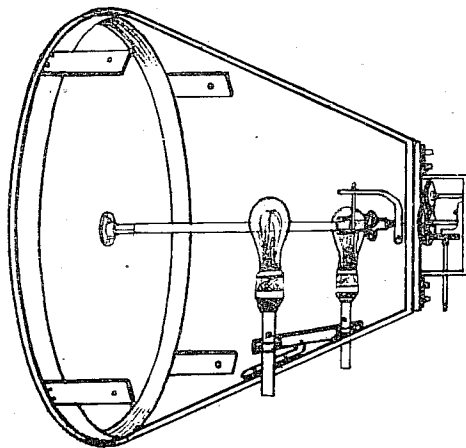
Na katedrze w Łodzi umieszczono we framudze naokoło każdej tarczy tylko po cztery reflektorki. Taki sposób oświetlenia nie jest jednak dobry.

Zasięg obydwu rodzajów zewnętrznych oświetleń (tak centralnego jak i bocznego) jest dosyć ograniczony — zwłaszcza

jeżeli je stosujemy do dużych tarcz — gdyż przy środkowym oświetleniu brzegi tarcz są niedostatecznie jasne, przy bocz-
nym zaś środek tarczy może być w cieniu. Występuje to zwa-
szczą przy oświetleniu tulejowym, które niekiedy zmusza nas
do zastosowania żarówki mniejszej niżby należało, trudno bo-
wiem powiększać zbytnio rurę, na której jest osadzona wska-
zówka minutowa.

c. Oświetlenie wewnętrzne

Do tego sposobu oświetlenia stosuje się tarcze transparen-
towe, czyli wykonane ze szkła mlecznego lub zwykłego, poma-
lowane na biało i od wewnątrz oświetlone. Pełne cyfry lub kre-
sy i wskazówki występują wskutek tego jako czarne płasz-
czyzny.



Rys. 134. Oświetlenie szkla-
nej tarczy zegara od we-
wnątrz

Szerokość wskazówek na transparentowej tarczy powinna
być nieco większa aniżeli na tarczy blaszanej, ażeby wskazów-
ki nocą były dobrze widoczne.

Żarówki nie powinny tu być za silne, lepiej bowiem dać wię-
cej mniejszych żarówek aniżeli mniej, lecz silnych. Jasna ścian-

ka, umieszczona za każdą tarczą, służy jako reflektor i zaoszczędza światła.

Montaż wskazówek i przekładni wskazań na tarczy szklanej jest znacznie ułatwiony, jeżeli przekładnia ta umocowana jest w rusztowaniu metalowym i przymocowana do ramy tarczy. Sposób ten przedstawiony jest na rys. 134.

Przy montażu zegara umieszcza się wpierw w otworze samą ramę bez tarczy, a po dopasowaniu i zaznaczeniu właściwej pozycji zdejmuje się ją z powrotem, zakłada się tarczę oraz wskazówki i dopiero wszystko razem umieszcza się na swoim miejscu.

d. Oświetlenie skrzynekowe

Najefektowniejsza i w wielu wypadkach najbardziej celowa konstrukcja tarcz zegara wieżowego polega na tym, że godziny zaznaczone są przez kresy-prostokąty, uformowane w kształcie pudełek z mlecznego szkła. Wnętrze tych pudełek oświetlają żarówki, wkładane od środka wieży. W blaszanej zaś tarczy wykonujemy 12 wycięć o kształcie cyfr lub kres, które należy od wewnątrz oszkląć i oświetlić poszczególnymi żarówkami.

Trudniejszą na ogół rzeczą jest oświetlenie wskazówek, które buduje się również w formie skrzynek. Przykrywa się je także mlecznym szkłem i oświetla się od wewnątrz żarówkami, do których prąd doprowadzany jest przez przekładnię wskazań, gdzie mieszczą się na osiach i tulejach wskazówkowych odpowiednie pierścienie i szczotki kontaktowe. Tego rodzaju urządzenie widzimy na rys. 135.

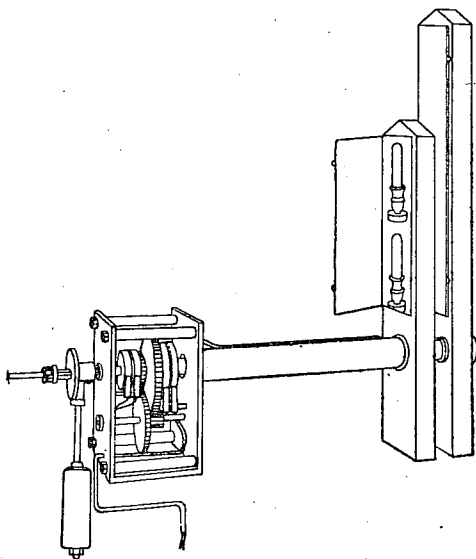
Ten sposób oświetlenia jest rzeczywiście bardzo skuteczny i efektywny, ale ma też i ujemne strony, które przed instalacją należy mieć na uwadze, a mianowicie:

1. Boczne ścianki wskazówek mają duże powierzchnie, wskutek czego wiatry bardziej nimi szarpia.

2. Wskazówki są zbyt obciążone, tak że np. wskazówka minutowa, niezależnie od własnej przeciwwagi, musi jeszcze mieć drugą przeciwwagę wewnątrz na osi wskazówkowej.

3. Przewody elektryczne do żarówek przechodzą przez oś wskazówki minutowej i tuleję wskazówki godzinowej, wskutek czego muszą one być znacznie powiększone.

4. Powstają trudności przy wymianie uszkodzonych żarówek, tak że potrzebny jest do tego celu specjalny i to dosyć duży otwór w murze, na którym znajduje się tarcza.



Rys. 135. Bezpośrednie oświetlenie wskazówek skrzynkowych

Stosuje się jeszcze inny sposób oświetlenia wskazówek skrzynkowych (rys. 136), a mianowicie reflektorami 4 i lustrami 2. Reflektory te ustawione w pobliżu umocowania wskazówek, skierowują światło z silnych żarówek 3 do wnętrza. Tam zaś znajdują się ukośnie ustawione lustra 2, kierujące strumień światła aż do końca wskazówek. Posrebrzane dna wskazówek 1 wzmacniają jeszcze skutek świetlny. Wskazówka go-

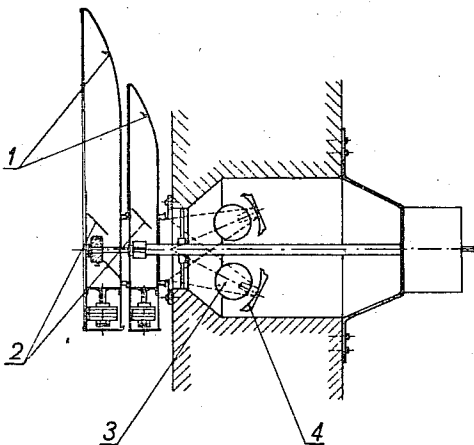
dzinowa jest tak zbudowana, że nie stanowi przeszkody w przesyłaniu światła do wskazówki minutowej.

Ten system oświetlenia wskazówek w zasadzie mało się różni od poprzedniego, jednak jest praktyczniejszy, daje bowiem możliwość uniknięcia wspomnianych niedogodności, a odznacza się następującymi zaletami:

1. Wskazówki są lżejsze, gdyż nie zawierają oprawek i żarówek. Wprawdzie na to miejsce muszą być wbudowane lustra umieszczone blisko osi obrotowych, ale ich ciężar jest tak nieduży, że właściwie niewiele znaczy.

2. Oś minutowa i tuleja godzinowa mają normalne wymiary, gdyż nie zawierają wewnątrz przewodu.

3. Również pierścienie stykowe i szczotki stają się zbyteczne.



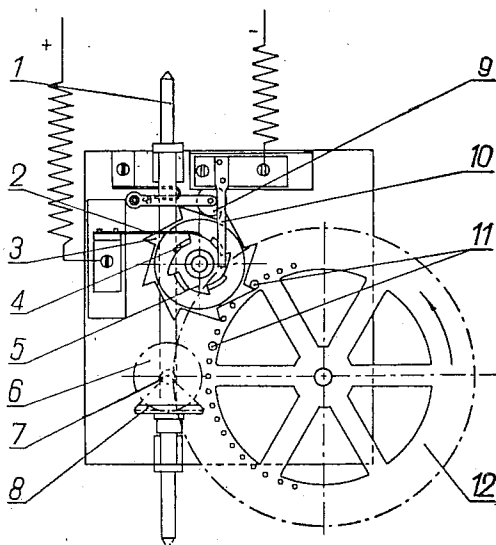
Rys. 136. Pośrednie oświetlenie wskazówek sposobem odbłaskowym

Zamiast wskazówek skrzynkowych od kilkunastu lat stosują w Szwajcarii także wskazówki płaskie. Wzdłuż swej powierzchni mają one szereg otworów z wmontowanymi oprawkami do małych żarówek elektrycznych. Oprawki te połączone są przewodem, do którego prąd doprowadza się w ten sposób, jak do wskazówek skrzynkowych.

Jednak lepiej jest, gdy zamiast poszczególnych żarówek umieszcza się wzdłuż zewnętrznej powierzchni wskazówek rury neonowe, których światło jest efektowniejsze. W takim przypadku cyfry lub kresy na tarczy formuje się również z takich rur.

e. Samoczynne włączanie i wyłączanie elektrycznego oświetlenia tarcz

Znane są i stosowane aparaty różnego typu do samoczynnego włączania i wyłączania elektrycznego oświetlenia tarcz. Jest ich wiele rodzajów. Schemat jednego z nich, dość często stosowanego, widzimy na rys. 137.

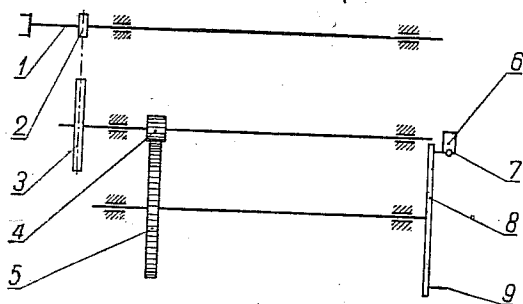


Rys. 137. Schemat urządzenia do samoczynnego włączania i wyłączania elektrycznego oświetlenia tarcz

Aparat ten działa następująco: na pędni 1 umieszczone jest koło stożkowe 8 zazębiające się z kołem stożkowym 6, które przez zębnik 7 napędza tarczę 12. Gdy zębnik 7 obróci się na dobę 24 razy, to w tym czasie tarcza wykona jeden obrót. Na

tej tarczy znajduje się 48 gwintowanych otworów, w które wkręca się w odpowiednim miejscu dwa kołki 11. Każdy z tych kołków zazębia się w swoim czasie z gwiazdą 3, poruszając ją o $\frac{1}{8}$ obrotu. Rolka 9 przyspiesza w odpowiednim momencie ruch gwiazdy 3, a potem ją ustala, tak że sprężyna kontaktowa 2 szybko spada z czterozębnego koła zapadkowego 5 zapobiegając tworzeniu się łuku elektrycznego.

Równocześnie z każdorazowym ruchem gwiazdy 3 sprężyna kontaktowa 2 zeskakuje po kolei na zęby mosiężne 5 oraz na zęby z materiału izolacyjnego 4. A ponieważ sprężyna 10 dotyka stale krążka mosiężnego 5, dlatego jest przerywany lub zamykany obwód prądu elektrycznego, który służy do oświetlenia tarcz zegara wieżowego.



Rys. 138. Schemat urządzenia do samoczynnego zapalania i gaszenia światła elektrycznego na tarczach zegara wieżowego w Niepokalanowie

W niepokalanowskim zegarze urządzenie takie jest nieco inaczej skonstruowane. Od koła łańcuchowego 2, znajdującego się na pędni 1, prowadzi łańcuch drabinkowy (Galla, rowerowy) na koło łańcuchowe 3, zębnik zaś 4 zazębia się kołem 5. Stosunek przełożenia między tymi kołami wynosi 1 : 24. Na osi koła 5 znajduje się tarcza 8, a w niej dwa ruchome, przesuwalne kołki 7 i 9, które co jakiś czas się przestawia, zależnie od tego, o której godzinie i minucie lampy mają się zapalać i gasnąć. W odpowiednim momencie kołki te przechylają włącznik rę-

ciowy 6, a ten zamyka lub przerywa obwód elektryczny lamp oświetlających tarcze.

Jeżeli zamiast dwóch kołków osadzi się ich cztery, wówczas można wyznaczyć czas nocnej przerwy w oświetleniu tarcz. Urządzenie to wmontowane jest w szkielet mechanizmu zegarowego i działa bez zarzutu.

Są również zegary wieżowe, w których do urządzeń oświetleniowych tarcz wmontowane są *krzywki astronomiczne*. Krzywki te samoczynnie regulują czas zapalania i gaszenia żarówek odpowiednio do pory roku.

L. MECHANIZMY BICIA

1. Rodzaje

Zegary bijące mają oprócz mechanizmu chodu jeszcze jeden lub dwa mechanizmy bicia. Mechanizmy te działają tylko w czasie bicia zegara, a poza tym są nieczynne. Mechanizmy bicia włączane są przez mechanizm chodu, a zatrzymują się samoczynnie.

Bicie zegara wieżowego jest punktualniejsze niż jego wskazania na tarczy, gdyż ze wskazówek czasem można błędnie odczytać czas z różnicą do kilku minut, zwłaszcza wtedy, gdy są one bardziej oddalone od tarczy i znajdują się w pozycji poziomej.

Zegary wieżowe od wielu wieków aż do niedawnych czasów były najważniejszymi wskaźnikami właściwego czasu w danych miejscowościach. Rolnik pracując w polu nie zawsze dostrzegał tarczę zegara, ale jego uderzenia łatwo go dochodziły. Aby dźwięki te rozchodziły się jak najszerzej, mechanizmy musiały być połączone z dużymi dzwonami.

W miastach zaś chodziło nie tylko o głośne uderzenia zegara, ale także o pewną harmonię dźwięków podczas wybijania godzin na wielu dzwonach. Stąd też budowano różne mechanizmy

bicia. Pierwsze takie zegary powstały we Włoszech z początkiem XIV w.

Wszystkie mechanizmy bicia można by różnie podzielić. Według sposobu włączania rozróżniamy następujące ich rodzaje:

a) normalne mechanizmy, które w równomiernych odstępach czasu samoczynnie się uruchamiają;

b) repetiery, czyli niesamoczynne mechanizmy, które biją tylko po każdorazowym ich włączeniu;

c) mechanizmy powtarzające, które biją nie tylko samoczynnie, ale również — jeśli są włączone z zewnątrz — powtarzają aktualną serię dźwięków.

Według sposobów podawania czasu rozróżniamy:

a) mechanizmy bijące tylko pełne godziny;

b) mechanizmy bijące również półgodziny;

c) mechanizmy bijące także kwadransy zwykle w innym tonie.

Kwadransowe mechanizmy bicia można by podzielić na następujące rodzaje:

a) trzykwadransowe, które wybijają trzy pierwsze kwadransy, a zamiast czwartego — godziny;

b) czterokwadransowe (najczęściej spotykane), które wybijają wszystkie cztery kwadransy i po ostatnim — godziny;

c) trzykwadransowe, które wybijają trzy pierwsze kwadransy łącznie z godzinami, a na czwarty kwadrans tylko godziny;

d) czterokwadransowe, które przy wszystkich kwadransach wybijają również godziny.

Dalej, według kolejności bicia kwadransów i godzin, można rozróżnić:

a) sposób niemiecki, przy którym wpierw wybijane są kwadransy, a potem godziny;

b) sposób francuski, przy którym wpierw wybijane są godziny, a potem dopiero kwadransy.

Rodzaj bicia dobierany jest zwykle według ilości dzwonów;

które możemy umieścić lub które już mamy. Przy jednym dzwonie stosuje się zwykle mechanizm dźwięku wybijający godziny i półgodziny. Urządzenia takie mają tę ujemną stronę, że bicia pełnych godzin nie poprzedza bicia kwadransów i że o 12.30, 13 i 13.30 jest tylko po jednym uderzeniu, wskutek czego — nie widząc wskazówek — można się omylić. Tej niedogodności można zaradzić w ten sposób, że montuje się drugi młotek, który uderzając w dzwon w innym miejscu, wyróżnia innym tonem całe godziny.

Istnieją również takie mechanizmy, w których po wybiciu godziny — za minutę lub dwie — zegar wybija tę samą godzinę powtórnie. Słuchający może więc sprawdzić ilość uderzeń.

Jeżeli jest więcej dzwonów, to urządza się bicia kwadransów. Mogą one być wybijane na jednym, na dwu lub na trzech dzwonach. Takie bicia odróżnia się wyraźnie od pojedynczych uderzeń na pełne godziny.

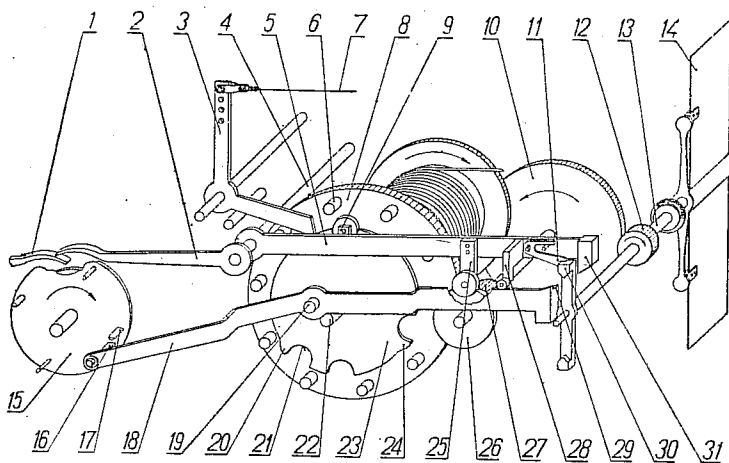
Spotyka się również kunsztowne mechanizmy dźwięku, które po wybiciu kwadransów, wygrywają pewne melodie, jak np. u zegara na Jasnej Górze.

2. Ogólny opis działania

Do szczegółowego rozpatrzenia i opisanego konstrukcji i działania mechanizmu bicia wybraliśmy typ najczęściej w Polsce spotykany, tzw. *zapadowy*. Najpierw przystępujemy do omówienia mechanizmu kwadransowego, którego widok przedstawiony jest na rys. 139.

W opisywanym tu systemie zegara o codziennym naciągu, *tarcza włączeniowa 15* znajduje się na przedłużeniu osi napędowej mechanizmu chodu, która obraca się raz na godzinę. W tej tarczy znajdują się cztery *kołki włączające 17*, które co kwadrans dochodzą do *końca włącznika 16* i naciskając go unoszą o pewien kąt *włącznik 18* osadzony obrotowo na *czopie włącznika 19*. W pierwszej fazie kołek włączający 17, za pośred-

nictwem włącznika 18 i podpórki zapadnika 28, podnosi zapadnik 5, a tym samym i hak zapadnika 31 tak wysoko, że ramię zalotowe 30 zostaje zwolnione. Powstaje więc teraz tzw. zalot. polegający na tym, że ramię zalotowe 30, za pośrednictwem zębników i kół przekładni 12, 10, 27 i 8, obraca się o blisko 180°, dopóki drugi koniec ramienia zalotowego nie oprze się o występ włącznika 29. Zastawka 11 zabezpiecza ramię zalotowe przed cofaniem, zwłaszcza podczas nakręcania.



Rys. 139. Kwadranowy mechanizm bicia

Na skutek obrotu osi zalotowej 13 obróci się nieco również krążek sercowy 26, ponieważ ząb zapadnika 25 stanowiący całość z zapadnikiem 5 również uniosł się do góry.

Mechanizm chodu działa dalej. Kołek włączający 17 w dalszym ciągu posuwa się po końcu włącznika 16, a gdy ich krawędzie się miną, włącznik 18 opada do swojego dawnego położenia zwalniając z występu włącznika 29 ramię zalotowe 30, wskutek czego cały mechanizm bicia kwadranów zaczyna działać. Działanie to może się odbywać dlatego, że znajdujące się na osi napędowej 22 koło zapadkowe 23 nie pozwala opaść za-

padnikowi 5 i zatrzymać obrotów ramienia zalotowego 30, gdyż opór *zapadnika* 9 wspiera się na wieńcu koła zapadowego 23. Dopiero gdy koło to obróci się o pewną część obrotu i opór *zapadnika* 9 zagłębi się w wycięciu koła zapadowego 21, a ząb *zapadnika* 25 zapadnie w zagłębienie krążka sercowego, wtedy *zapadnik* natychmiast zapada i zatrzymuje swym hakiem 31 ramię zalotowe 30 a tym samym i cały mechanizm bicia kwadransów.

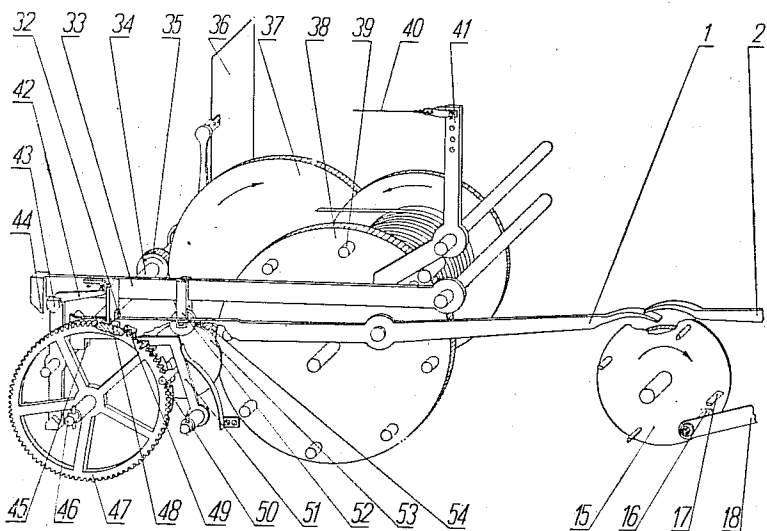
Gdy kwadransowy mechanizm bicia się obraca, *kołki bicia* 6, osadzone w wieńcu koła napędowego 8, podnoszą ramię *dźwigni bicia* 3 i pociągają *ciągno* 7 umocowane jednym końcem do drugiego ramienia *dźwigni bicia* 3, a drugim końcem do *dźwigni młotka* bijącego w dzwon. Gdy ramię *dźwigni bicia* spada z *kołka*, wówczas następuje uderzenie w dzwon.

Na ostatniej osi mechanizmu bicia znajduje się *wiatrak* 14, hamujący zbyt szybkie obroty tego mechanizmu.

W ten sposób działa mechanizm podczas wybijania pierwszego lub trzeciego kwadransa. Jeżeli zaś wybija kwadrans drugi lub czwarty, po którym ma nastąpić uderzenie półgodzinne lub godzinne, to opór *zapadnika* 9 wchodzi na *występ przekazowy* 20 lub 24, obracając wskutek tego nieco więcej *wałek zapadnika* 4. Na końcu tego wałka umocowana jest na stałe *dźwignia przekazowa* 2, która wskutek większego obrotu wałka 4 naciska *włącznik godzinowy* 1. Naciśnięcie włącznika godzinowego powoduje zalot w godzinowym mechanizmie bicia, który odbywa się w podobny sposób, jak to opisaliśmy powyżej przy mechanizmie kwadransowym.

W godzinowym mechanizmie bicia zaraz po pierwszej fazie, czyli zalocie, następuje druga faza, tj. bicie godzin. Celem odliczenia odpowiedniej ilości uderzeń jest tu nieco inne koło zapadowe 47 niż w mechanizmie kwadransowym. Przy wieńcu tego koła znajduje się *kołnierz zapadowy* 49 przecięty 11 razy w takich odstępach, ile ma być uderzeń w danej godzinie. Koło to stanowi z *kołnierzem* 49 jedną całość. Jest ono osadzone na nieruchomym czopie 46 przymocowanym do szkieletu zegara.

Gdy mechanizm zaczyna wybijać godziny, koło napędowe 38 ząbami się z *zębnikiem sercowym* 54, osadzonym na *osi sercowej*. Stosunek koła napędowego do zębniaka sercowego powinien być taki, aby na każdy obrót osi sercowej koło napędowe obróciło się o jeden odstęp między kołkami bicia. W tym wypadku stosunek ten wynosi 8 : 1. Na przedłużeniu osi sercowej znajduje się jakby zębniak o dwu zębami, nie będących w tej samej płaszczyźnie, zwany *czerpakiem* 50. Czerpak ten za każdym obrotem osi sercowej jednym zębami odchyła zapadkę 51, która



Rys. 140. Godzinowy mechanizm bicia

dociskana płaską sprężyną uniemożliwia większy obrót koła zapadkowego 47, a drugim przesuwając to koło o jeden ząb. To przesuwanie odbywa się dopóty, dopóki *opór zapadnika* 48, w tym wypadku stanowiący jedną całość z *podpórką zapadnika* 32, nie zagłębi się w wycięcie kołnierza zapadkowego 49, gdyż wówczas *opór zapadnika* 52 zapada również w zagłębienie krążka sercowego 53, wskutek czego hak zapadnika 44 zatrzy-

muje ramię zalotowe 43 i w ten sposób unieruchamia cały mechanizm bicia godzin.

Na osi zalotowej 34 umieszczony jest zębnik zalotowy 35, a obok niego osadzony jest wiatrak 36. Zębnik zalotowy zazębia się z kołem sercowym 37, a ten znowu za pośrednictwem zębownika sercowego 54 z kołem napędowym 38. We wieńcu koła napędowego, podobnie jak w mechanizmie kwadransowym, osadzone są kołki bicia 39, które z chwilą uruchomienia całego mechanizmu unoszą dźwignię bicia 41, przez którą pociągają koniec cięgna 40 i powodują bicie młotka w dzwon.

Jeżeli mechanizm bicia godzin bije tylko całe godziny, to wycięcia w kołnierzu zapadowym są tylko tak szerokie, aby opór zapadnika 48 mógł swobodnie w nie wchodzić. Natomiast gdy zegar bije godziny i półgodziny, wtedy wycięcia te muszą być poszerzone o jedną podziałkę koła zapadowego, gdyż w czasie wybijania półgodziny koło to obraca się o jeden ząb. Z tego względu koło zapadowe musi mieć wówczas o 12 zębów więcej.

3. Fazy działania

Z ogólnych opisów widzimy, że w każdym mechanizmie bicia można rozróżnić kilka głównych faz działania, które celem lepszego zrozumienia będziemy oddzielnie i szczegółowo omawiać. Fazy te w kolejności działania występują następująco:

- a. włączanie,
- b. załot,
- c. bicie,
- d. odliczanie,
- e. hamowanie,
- f. zatrzymywanie.

a. Włączanie

W samoczynnych mechanizmach bicia zegarów domowych włączanie następuje przez przekładnię wskazań. Natomiast

w zegarach wieżowych miejsce współpracy mechanizmu chodu z mechanizmem bicia znajduje się na osi łączącej się z pędną. Na końcu tej osi osadzona jest tarcza włączeniowa, w której znajdują się zwykle dwa lub cztery kołki włączające. Kołki te co pół godziny lub co kwadrans naciskają powoli koniec włącznika. Początek bicia nie następuje jednak przy naciskaniu włącznika przez kołki włączające, lecz w chwili zwolnienia tego włącznika. Włączanie odbywa się powoli wskutek powolnego obrotu tarczy włączeniowej. Zwolnienie zaś następuje szybko. Wskutek tego uzyskuje się większą dokładność w biciu zegara, gdyż moment rozpoczęcia bicia następuje zawsze w dokładnie określonym czasie.

b. Zalot

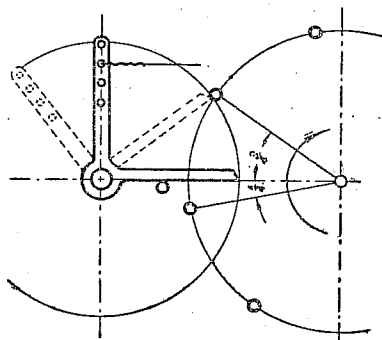
Podczas podnoszenia włącznika przez kołek włączający następuje zalot, czyli przygotowanie mechanizmu do bicia. W tym czasie ramię zalotowe zwalniane jest przez hak zapadnika, a zatrzymuje się na występie włącznika. Ma to za zadanie „odblokowanie“ mechanizmu, zatrzymanego po ostatnim biciu, aby z chwilą zwolnienia włącznika przez kołek włączający mógł mechanizm w tym momencie zacząć działać.

c. Bicie

W każdym mechanizmie bicia ta sama ilość dźwięków jest podawana w równych odcinkach czasu: w mechanizmie godzinowym co 12 godzin, a w kwadransowym co godzinę. Okresy te można nazwać *cyklami bicia*.

Bicie półgodzin w stosunku do godzin nie jest punktualne, gdyż uderzenia półgodzinne są o kilka sekund wcześniejsze aniżeli uderzenia całogodzinne. Różnica ta wynosi tyle, ile czasu zajmuje trzecie i czwarte uderzenie kwadransowe. By tej nieścisłości zaradzić stosuje się niekiedy bicie pierwszego i drugiego kwadransa przez specjalny mimośród opóźniający. Na-

stępne dwa kwadransy włączane są już normalnie. Gdzie takiego urządzenia nie ma, tam punktualne jest pierwsze uderzenie danej godziny. Mechanizm bicia po włączeniu musi się rozpedzić bez obciążenia, tj. bez podnoszenia młotka, ażeby obracające się części mechanizmu mogły nabrać odpowiedniej szybkości, a dopiero wówczas może się rozpocząć podnoszenie młotka. Schematyczne przedstawienie tego działania widzimy na rys. 141. Rozpęd mechanizmu bicia wynosi około $1/4$ (lub — na rys. 142 — $1/3$) kąta między jednym kołkiem bicia i drugim, a kąt podnoszenia dźwigni bicia około $3/4$ (lub $2/3$) tego kąta.



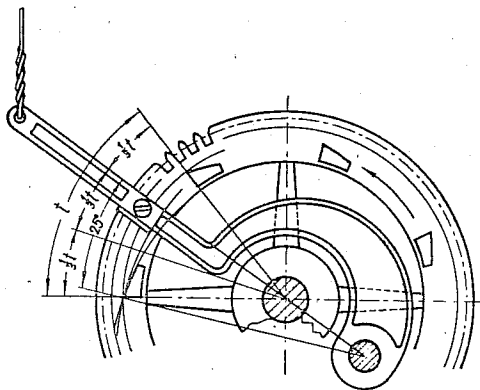
Rys. 141. Schemat podnoszenia dźwigni bicia

Dźwignie bicia muszą z kołków spadać nagle i dlatego kołki te powinny być silnie w kole osadzone. Czasem na kołkach umieszcza się rolki, dzięki czemu zmniejsza się tarcie między dźwignią a kołkiem.

W niektórych mechanizmach zamiast kołków bicia znajdują się występy na wieńcu koła (rys. 142), które spełniają rolę kołków, a są silniejsze. Występy te są czasem „stalone”, czyli nakładane płytkami stalowymi, aby się za szybko nie wycierały. Stosowanie występów po obydwu stronach koła ma te niezaprzeczone zalety, że zamiast jednego można stosować dwa młotki do podwójnych uderzeń.

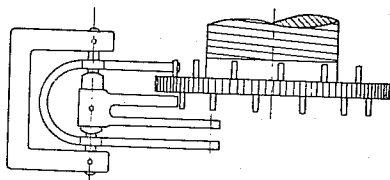
Typowe urządzenie dźwigni bicia widzimy na rys. 142. Zwalnianie dźwigni z występu następuje dzięki jej obrotowi na innej

osi niż obrót koła. Działanie tej dźwigni jest o tyle lepsze, że po zwolnieniu z występu koniec dźwigni wznosi się do góry pociągany ciągnem. Nie ma więc tu stuków i takich wstrząsów, jak w innych mechanizmach, gdzie dźwignia opada na kołek oporowy.



Rys. 142. Urządzenie dźwigni mechanizmu bicia w zegarze wieżowym

Jeżeli ciągnie przymocowane jest bezpośrednio do dźwigni, jak na rys. 142 to ucho ciągnika powinno być tak duże, aby nie powodowało zakleszczeń w otworze dźwigni. Z tego też względu częściej stosuje się taki sposób umocowania ciągnika, jak na rys. 139 i 140.

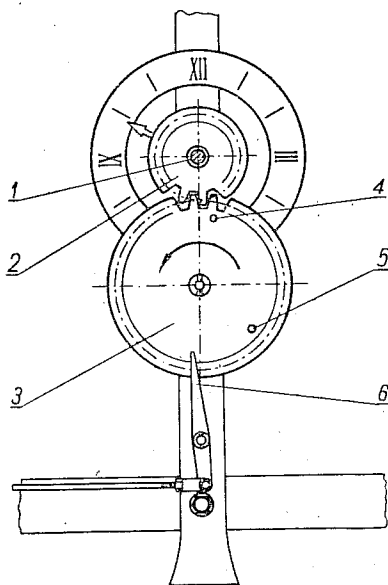


Rys. 143. Sposób osadzania dźwigni do podwójnych uderzeń

Czasem spotyka się niezależne koła z kołkami lub występami bicia napędzane przez koło napędowe. Jednak lepiej jest unikać powiększania i tak już skomplikowanego mechanizmu, a kołki bicia umieszczać bezpośrednio w kole napędowym.

Urządzenie bicia kwadransowego na czterech dzwonach jest w zasadzie takie jak na dwóch. I tu również dźwignie bicia

muszą być osadzone na jednym stalowym sworzniu i tak razem dopasowane, by końce dźwigni nie wychylały się na boki. Czy to dla dwóch młotków, czy dla czterech, najlepiej jest osadzić je tak, by jedno ramię dźwigni bicia pracowało na kołkach



Rys. 144. Urządzenie do wyłączania bicia

bicia z jednej strony koła napędowego, a drugie z drugiej strony w odpowiednich odstępach. Oczywiście jest to możliwe tylko wtedy, gdy kołki bicia są po obydwu stronach koła. Ten sposób osadzenia dźwigni do podwójnych uderzeń przedstawiony jest na rys. 143. Wydaje się jednak, że lepiej byłoby, gdyby końce dźwigni, do których przytwierdza się ciężna, były wprost nad końcami unoszonymi przez kołki lub występy. Uniknęło by się wówczas bocznych luzów na osiach dźwigni.

Podwójne bicie kwadransów „bim-bam“, i to w dwa dzwony, można również osiągnąć przez zastosowanie jednej tylko dźwigni i jednego ciężna. Opis takiego urządzenia podajemy w rozdziale o młotkach.

Co prawda rzadko, ale spotyka się czasem przy zegarach wieżowych urządzenie do wyłączania bicia godzin, np. w czasie nocnym. Schemat takiego urządzenia widzimy na rys. 144. Na pędni 1 znajduje się koło zębate 2 zazębiające się z kołem 3. Stosunek przełożenia tych kół wynosi 1 : 2. Na kole 3 znajdują się w oznaczonych miejscach dwa kołki 4 i 5, które w określonych godzinach, za pośrednictwem dźwigni 6, włączają i wyłączają bicie. Na ogół takie urządzenie rzadko jest stosowane (w Polsce go nie spotkałem).

d. Odliczanie

Możemy rozróżnić dwa rodzaje urządzeń do odliczania ilości uderzeń następujących po włączeniu mechanizmu bicia:

1. urządzenia zapadowe i
2. urządzenia grzebieniowe.

Grzebieniowy mechanizm ma tę zaletę, że ilość uderzeń zegara jest zawsze zgodna z godziną wskazywaną na tarczy, a nawet uderzenia te mogą być dowolną ilość razy powtarzane. Jednak konstrukcja mechanizmu grzebieniowego jest bardziej skomplikowana. Gdy więc poszczególne części nieco się zużyją, to łatwiej o usterki, które dosyć trudno usunąć. Ponieważ grzebieniowe mechanizmy bicia w zegarach wieżowych rzadko są stosowane, dlatego opisujemy je w następnej części „Zegarmistrzostwa“, tj. przy zegarach domowych.

W zapadowym mechanizmie bicia do odliczania uderzeń służy koło zapadowe z kołnierzem zapadowym o czym wspominaliśmy poprzednio. Bez względu na pozycję wskazówek, mechanizm zapadowy odlicza zawsze następną z kolei ilość uderzeń. Przy takim urządzeniu nie można powtórzyć ilości uderzeń tej samej godziny, jak to ma miejsce przy mechanizmie grzebieniowym.

Koło zapadowe łącznie z kołnierzem zapadowym obraca się w czasie jednego cyklu bicia, tj. 12 godzin. Przy biciu tylko co

godzinę jedno uderzenie zajmuje $1/78$ obrotu koła zapadowego, przy biciu półgodzinnym — $1/90$ obrotu. Między godziną 12 a 2 przerwa w kołnierzu jest tak szeroka, że przy trzykrotnym włączeniu następuje tylko po jednym uderzeniu.

Zalety zapadowego mechanizmu bicia polegają na uproszczonej konstrukcji i łatwiejszym wykonaniu. Wadą natomiast jest to, że po mimowolnym włączeniu bicia podczas nieostrożnej manipulacji przy mechanizmie, trzeba cofnąć koło zapadowe do właściwej pozycji, a jeżeli tego się nie da przeprowadzić — wybić wszystkie godziny aż do właściwej.

e. Hamowanie

Mechanizm bicia jest podobnie urządzony jak i mechanizm chodu, z tą tylko różnicą, że wychwyty i regulator chodu zastąpione są wiatrakami. Wiatrak nie jest dokładnym regulatorem, gdyż bardziej zależy od wpływów zewnętrznych. Co prawda w mechanizmie bicia nie wymaga się tak dużej dokładności jak w mechanizmie chodu. Chodzi tylko o to, żeby odstęp między poszczególnymi uderzeniami były mniej więcej równe. Szybkość obrotu wiatraka zależy od kilku czynników, a mianowicie od:

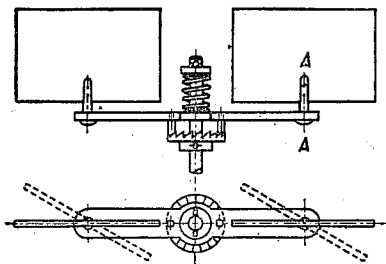
1. powierzchni skrzydeł wiatraka,
2. nachylenia tych powierzchni,
3. długości trzonka młotka,
4. ciężaru młotka,
5. siły napędu,
6. tarcia w łożyskach, zazębieniu itp.

Wiatrak składa się z jednego lub kilku skrzydeł umocowanych na wałku. Przy ruchu obrotowym w otaczającym powietrzu powierzchnia skrzydeł napotyka na opór, który daje na wałku moment powstrzymujący.

Wiatrak sprzęgany jest z mechanizmem za pomocą sprzęgła ciernego lub zapadkowego. Na rys. 145 widzimy wiatrak z zapadkowym umocowaniem na wałku i z nastawialnymi skrzydłami. Gdybyśmy nie zastosowali sprzęgła, pokonanie bezwład-

ności wiatraka przy ruszaniu mechanizmu, a zwłaszcza przy zatrzymaniu (które musi nastąpić nagle) może spowodować szybkie zużycie się kół zębatych. Sprzęgło cierne powoduje poślizg wiatraka przy ruszaniu i zatrzymywaniu, ma jednak tę wadę, że trudno je tak wyregulować, aby nie było poślizgu przy normalnym biegu wiatraka. Poślizg zaś przy normalnym biegu powoduje, że odstępy między udrzeniami są za małe i nierówne.

Sprzęgło zapadkowe ma tę wadę, że przy ruszaniu wiatraka nie rozprzega go z napędem, i działa tylko przy hamowaniu. Natomiast jego zaletą jest to, że nie daje poślizgu przy normalnym biegu i pozwala wiatrakowi na swobodne obracanie się po zatrzymaniu się mechanizmu.



Rys. 145. Wiatrak stosowany w zegarach wieżowych

Skrzydła wiatraka są najczęściej ruchome około osi A-A (rys. 145), w tym celu, aby można było zmieniać działającą powierzchnię skrzydła i w ten sposób regulować obroty wiatraka, a tym samym i szybkość bicia. Jeżeli zaś skrzydła wiatraka są sztywno osadzone i wykonane z niezbyt grubej blachy, to regulację tę można przeprowadzać przez wyginanie skrzydeł wprzód lub wstecz.

W niektórych zegarach, ze względu na szczupłość miejsca, wiatraki są za małe, wskutek czego szybkość uderzeń, zwłaszcza większej ilości, znacznie wzrasta. Nie tylko wzrasta, ale częstość uderzeń jest nierównomierna, szczególnie wówczas, gdy jednym kołkiem uruchomiane są dwa lub trzy młotki, celem uzyskania podwójnych lub potrójnych dźwięków.

Trudno tu podać odpowiedni wzór do obliczenia rozmiarów powierzchni skrzydeł wiatraka. Musimy się ograniczyć tylko do wzmianki, że na każde uderzenie młotka winno przypadać około 6 obrotów wiatraka. W niektórych wypadkach trzeba zastosować wiatrak trzy lub czteroskrzydłowy.

f. Zatrzymywanie

Zatrzymywanie mechanizmu bicia następuje zawsze automatycznie, w chwili gdy kończy się odpowiednia ilość uderzeń. W kwadransowym mechanizmie po ostatnim uderzeniu młotka opór zapadnika zagłębia się w wycięciu koła zapadowego, a ząb zapadnika w krążku sercowym. Ponieważ wskutek tego obniża się zapadnik, więc hak zapadnika zatrzymuje ramię zalotowe, a tym samym unieruchamia kwadransowy mechanizm bicia.

W godzinowym mechanizmie odbywa się zatrzymywanie w podobny sposób z tą tylko różnicą, że opór zapadnika ślizga się nie po kole zapadowym lecz po kołnierzu zapadowym. Po zatrzymaniu mechanizmu wiatrak siłą rozprędu obraca się jeszcze nieco dłużej.

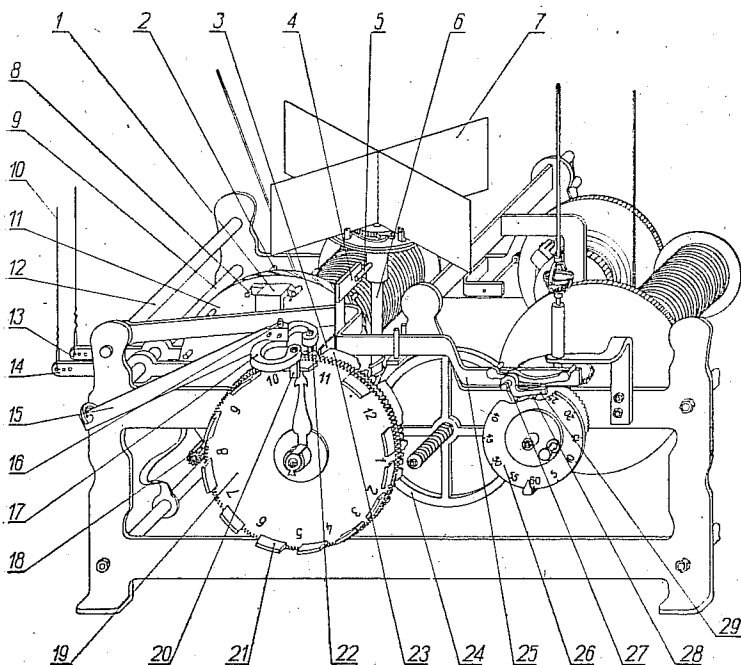
Obie powierzchnie, gdzie ramię zalotowe styka się z powierzchnią haka zapadnika, powinny być czyste i naoliwione, aby ramię to łatwo opadało.

g. Zespolony mechanizm bicia

Do wybijania godzin i kwadransów niekoniecznie muszą być dwa oddzielne mechanizmy, jak to wyżej pisaliśmy. Już w starych zegarach domowych można spotkać jeden tylko mechanizm, który wybija kwadransy i godziny.

Jako przykład zegara wieżowego z jednym mechanizmem (i jednym kołem zapadowym) do bicia kwadransów i godzin może nam posłużyć zegar znajdujący się na kościele OO. Bernardynów w Kalwarii Zebrzydowskiej. Zegar ten zbudował

i zainstalował w 1902 r. Waclaw Kreczmer, specjalista-zegarmistrz i konstruktor, posiadający wówczas swoją wytwórnię zegarów wieżowych w Królewskich Winogradach obok Pragi czeskiej. Mechanizm tego zegara przedstawiony jest na rys. 146. Oczywiście, niektóre części tego mechanizmu są inne niż w zwykłych mechanizmach zapadowych. Na uwagę zasługują tu szczególnie trzy części, tj.: zapadnik 25, koło zapadowe 19 i przekaźnik 17.



Rys. 146. Zespolony mechanizm bicia

Zapadnik 25 umocowany jest na stałe na wałku 12 i tworzy całość z oporem zapadnika 3, występem zapadnika 4 i bezpiecznikiem 1. Na końcu zapadnika umocowany jest czop 27, na którym osadzony jest obrotowo włącznik 29.

Koło zapadowe 19 ma 198 zębów i jest napędzane zębni-kiem 18 o 12 zębach, osadzonym na osi napędowej. Koło to ma po obu stronach wieńca kołnierze zapadowe 21 i 23. Z kołnierza 21 pozostały tylko równe występy po 40 mm długości, rozmieszczone w ten sposób, że wręby między tymi występami wynoszą od 5 do 54 mm. Natomiast kołnierz 23, z którym współpracuje opór zapadnika 3 i palec przekaźnika 22, jest powycinany nieco inaczej, gdyż występy tego kołnierza są różnej długości, zależnie od ilości godzin, które mają być wybite. Wręby zaś między występami kołnierza 23 nie są zupełnie wolne, gdyż w każdym wrębie wystają jeszcze dwa krótsze występy, a powstałe w ten sposób trzy mniejsze wręby służą do odliczania pierwszego, drugiego i trzeciego kwadransa. Występy obydwu kołnierzy są jakby zwrotnicami dla przekaźnika 17.

Przekaźnik 17 jest członem niespotykanym w zwykłych mechanizmach bicia. Ma on kształt trójki z palcami nastawczymi 20 i 22, które obejmują koło zapadowe 19 i przesuwiają się po występach i wrębach kołnierzy zapadowych 21 i 23. Przekaźnik ten osadzony jest wahliwie na trzpieniu 16. W środku przekaźnika jest umocowana płaska sprężyna 15 połączona ruchomo z wałkiem 9, na którym umocowane są dźwignie bicia 13 i 14.

Przyjmując, że zegar ma wybić czwarty kwadrans i godzinę jedenastą, działanie jego przedstawia się następująco: Tarcza włączeniowa 26, za pośrednictwem kołka włączeniowego 28 i włącznika 29, podnosi zapadnik 25. W chwili, gdy występ zapadnika 4 minie kołek wiatraka 5, cały mechanizm bicia zaraz zaczyna działać.

Ślimacznicą (koło ślimakowe) 11, spełniająca rolę koła napędowego, połączona jest z bębniem za pomocą zapadki tak samo, jak w innych zegarach. Ślimacznicą napędza ślimak osadzony na osi 6, na której znajduje się również wiatrak 7.

W wieńcu ślimacznicy osadzone są kołki bicia, z których dwa oznaczyliśmy numerami 8 i 2. Kołki 8 naciskają dźwignię

bicia 14, która przez ciągnio 10 uruchamia młotek wybijający kwadrans. W tym czasie dźwignia 13 pozostaje nieruchoma, gdyż znajduje się w takim oddaleniu od dźwigni 14, że kołki 2 nie sięgają do niej. Jak widzimy, bicie odbywa się tu bezpośrednio, tzn. bez uprzedniego zalotu.

Koło zapadowe 19 napędzane zębikiem 18 obraca się w czasie bicia stopniowo i występ kołnierza 23 przesuwa się pod oporem zapadnika 3. Po ostatnim uderzeniu kwadransa, palec 20 mija występ kołnierza 21. W tym momencie palec 22 wchodzi na występ kołnierza 23, a tym samym przekreśla się przekaźnik 17 wraz z płaską sprężyną 15. Ta sprężyna przesuwa wałek 9 z dźwigniami 13 i 14, co powoduje wyłączenie dźwigni bicia 14, a włączenie dźwigni 13, która, poruszana kołkami 2, natychmiast zaczyna wybijać godziny.

Po wybiciu ostatniego uderzenia danej godziny, przekaźnik 17 wraca do poprzedniej pozycji, nastawia równocześnie dźwignię 14 z powrotem pod kołki 8, palec 22 schodzi z występu kołnierza 23, a palec 20 wchodzi na występ kołnierza 22 i mechanizm przygotowany jest do bicia kwadransów.

Również z chwilą ostatniego uderzenia danej godziny, gdy opór zapadnika 3 natrafi na wręb w kołnierzu zapadowym 23, cały zapadnik się obniża, występ zapadnika 4 zatrzymuje kołek 5 a tym samym i wiatrak 7, bezpiecznik 1 wchodzi między kołki bicia 8 i uniemożliwia wybicie większej ilości uderzeń.

Mechanizm chodu jest w tym zegarze również ciekawy, gdyż ma wolny wychwyty ciężeniowy, bardzo rzadko w Polsce spotykany. Koło 24, na którego osi widać sprężynę spiralną, nie jest częścią składową mechanizmu bicia, ale spełnia rolę hamulca pośredniego napędu wychwyty w mechanizmie chodu.

4. Napęd

Napęd mechanizmu bicia w zegarach wieżowych nie różni się w zasadzie od napędu mechanizmu chodu. Różnica jest tylko ta,

że mechanizm bicia wykonuje większą pracę, dlatego musi mieć większy obciążnik. Oprócz tego lina napędowa musi być dłuższa, zwłaszcza u takiego mechanizmu bicia godzin, który wybija także półgodziny.

a. Długość liny

Aby ustalić, jak długa ma być lina w mechanizmie bicia, należy wpiery obliczyć ilości uderzeń zegara w ciągu jednej doby (jeżeli jest to zegar z codziennym naciągiem) albo w ciągu tygodnia (jeśli chodzi o zegar z naciągiem cotygodniowym). Dla mechanizmu bijącego tylko godziny za podstawę do obliczeń bierzemy cykl bicia, czyli 12 godzin. Najkrótszy sposób obliczenia ilości uderzeń dla danego cyklu jest taki, że do ilości uderzeń na godzinę ostatnią, dodajemy uderzenie na godzinę pierwszą i tę sumę mnożymy przez połowę godzin, dla których obliczamy uderzenia. A więc:

$$12 + 1 = 13;$$

$$13 \cdot 6 = 78 \text{ uderzeń.}$$

Na dobę zaś będzie:

$$78 \cdot 2 = 136 \text{ uderzeń.}$$

Aby mieć jednak pewien zapas na wypadek nienakręcenia w swoim czasie, dodajemy pewną ilość uderzeń, np. 30. Razem więc będzie 186 uderzeń.

Z ilości uderzeń można obliczyć ilość obrotów bębna, mianowicie w ten sposób, że ilość uderzeń dzielimy przez ilości kołków bicia. Jeżeli koło z kołkami bicia znajduje się na jednej osi z bębniem, to powyższe obliczenie odpowiada ilości potrzebnych zwojów liny. Gdy zaś ilość tych zwojów pomnożymy przez obwód bębna, otrzymamy potrzebną długość liny, czyli wysokość opadu obciążnika.

Przyjmując, że w kole napędowym znajduje się 10 kołków bicia, a średnica bębna wynosi 18 cm, obliczenie będzie się przedstawiało następująco:

$$186 : 10 = 18,6 \text{ zwojów liny.}$$

Obwód bębna będzie:

$$18 \text{ cm} \cdot 3,14 = 56,5 \text{ cm.}$$

Długość liny:

$$56,5 \text{ cm} \cdot 18,6 = 1050,9 \text{ cm.}$$

Biorąc okrągło, wysokość opadu obciążnika będzie wynosić około 11 m. Rzecz jasna, iż ta długość liny byłaby wystarczająca tylko wtedy, gdyby obciążnik zwieszał się wprost z bębna w dół. W przeciwnym razie lina musi być dłuższa o tyle metrów, o ile miejsce opadu oddalone jest (np. w bok) od bębna.

W tygodniowych mechanizmach bicia ilość uderzeń jest siedmiokrotnie większa. Aby więc nie trzeba było stosować tyle razy dłuższej liny, zwiększa się przekładnię o jedną parę: koło i zębnik. Wówczas kołki bicia umieszczone są w tym *kole dodatkowym*.

Niezależnie od zastosowania koła dodatkowego trzeba jeszcze użyć podwójnych, potrójnych, a nawet poczwórnych wielokrażków w celu zmniejszenia wysokości opadu obciążników, które w tym przypadku muszą być proporcjonalnie cięższe. Wiemy, że przy zastosowaniu podwójnego wielokrażka (liczymy tylko krażki ruchome), opad obciążnika jest 4 razy mniejszy, a przy zastosowaniu potrójnego — 6 razy mniejszy. Zależnie więc od wolnej wysokości na opad i długości rozwijającej się liny, oblicza się, jaki wielokrażek ma być zastosowany. Przy takim obliczeniu dodaje się jeszcze około 70 cm jako rezerwę i od 20 do 60 cm na wolną przestrzeń pod obciążnikami.

Obliczenie takie przykładowo wygląda następująco:

Kwadransowy mechanizm dźwięku z cotygodniowym naciągami ma bęben o obwodzie 40 cm. Stosunek przekładni między kołem napędowym a dodatkowym jest jak 15 do 50. Przestrzeni

opadowej jest	14,00 m.
Z tego odjąć wysokość obciążnika	90 cm
średnice krążków	50 „
odstęp między krążkami	80 „
rezerwę opadu	70 „
Razem	290 cm
	— 2,90 „

Mamy więc do rozporządzenia na opad obciążników 11,10 m.

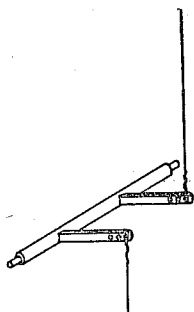
Mechanizm powyższy wykonuje w okresie jednego naciągu ($7\frac{1}{2}$ dnia) okrągło 1800 uderzeń. Jeżeli więc koło dodatkowe ma 10 kołków bicia, to koło to obróci się w tym czasie 180 razy. Wobec tego bęben wykonuje w tym czasie 54 obroty (gdyż z pomnożenia 180 obrotów koła dodatkowego przez 15 zębów zębownika i podzielenia przez 50 zębów koła napędowego — otrzymujemy w wyniku 54).

$$\frac{180 \cdot 15}{50} = 54$$

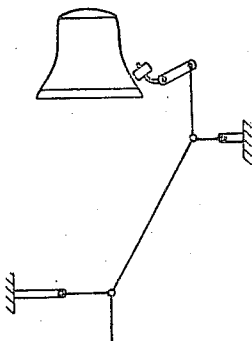
Ponieważ obwód bębna wynosi 40 cm, przeto po 54 obrotach opad obciążnika będzie wynosił 21,60 m. Jeżeli zastosujemy wielokrążek (jeden krążek ruchomy), to opad się zmniejszy na 10,80 m, a więc prawie będzie pasował do projektowanego miejsca.

Urządzenie bicia bezpośrednio z koła napędowego (przy codziennym naciągu) jest znacznie ulepszone wskutek zastosowania lin drucianych. Dzięki tym linom, które są o wiele cieńsze od powrozów, można uzyskiwać większą ilość obrotów bębna i węższą, a tym samym lżejszą budowę mechanizmu.

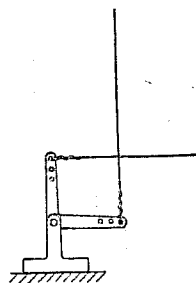
niach są pewne luzy. Najłatwiejsza i najprostsza droga dla cięgien jest wówczas, gdy od dźwigni przy mechanizmie bicia, aż do młotka idzie tylko jeden prosty drut lub linka. Takie proste połączenie rzadko się zdarza. Najczęściej jednak kierunek cięgien musi być zmieniany w kilka stron. Zmiany kierunków przeprowadza się zależnie od potrzeby różnymi sposobami:



Rys. 147



Rys. 148



Rys. 149

Sposoby zmian kierunków cięgien

1. Przez zastosowanie dwóch dźwigni osadzonych na jednym wałku w pewnej odległości od siebie w ten sposób, jak to pokazano na rys. 147. Wałek taki powinien być dostatecznie silny, aby się nie skręcał oraz nie powinien mieć w łożyskach zbyt-nych luzów.

2. Przez odciąganie cięgna bocznymi drutami, jak na rys. 18 i 148. Sposób ten ma tę zaletę, że prawie nie powoduje tarcia i straty ruchu, jeżeli oczywiście idące ukośnie cięgno główne nie jest zbyt długie i zbyt ukośne.

3. Przez zastosowanie dźwigni kątowej, jak na rys. 149, w celu zmiany kierunku cięgna pod kątem prostym. Zwraca się przy tym uwagę, aby dźwignia była dostatecznie silna i sztywna, a druty nie zwisały, gdyż to powodowałoby straty w ruchu młotków uderzających o dzwon.

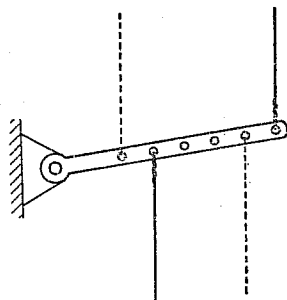
Odpowiednim materiałem na cięgna jest cynkowany drut stalowy, należyce wyprostowany, o średnicy od 2,5 do 4 mm. Można też cięgna wykonać z niezbyt grubej linki stalowej.

Cięgna nie powinny być silnie naciągnięte, aby miejsca połączeń nie wypracowały się za szybko. Celem umożliwienia regulacji napięcia cięgna stosuje się gwintowy naprężacz z przeciwnakrętką skrzydełkową (rys. 150).

Jeżeli mechanizm bicia powoduje za krótkie ruchy pociągające, albo jeżeli trudno uniknąć pewnych luzów, stosuje się dźwignię do zwiększenia ruchów (rys. 151).



Rys. 150. Naprężacz
cięgna



Rys. 151. Dźwignia do
zwiększania ruchu

Celem zwiększenia ruchu można również zastosować wałek z dwoma ramionami, podobny do widocznego na rys. 147 z tą różnicą, że jedno ramie jest dłuższe, a drugie krótsze.

Zdarza się również, zwłaszcza przy starych zegarach wieżowych, że mechanizm bicia powoduje za duży ruch cięgna. Ruch ten można zmniejszyć, jeżeli zastosuje się odwrotne działanie do wyżej opisanego.

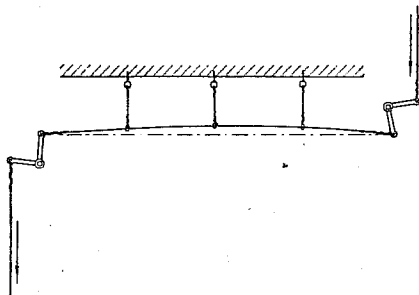
W takim przypadku można zastosować jeszcze inny sposób, a mianowicie, tak ustawić dźwignię bicia względem kołków bicia, żeby działały tylko na koniec tej dźwigni.

Jeżeli cięgna młotków wychodzą na zewnątrz budynku, są one przeprowadzane w odpowiednich rurach ochraniających.

Gdy zaś wychodzą ponad dach, wtedy otwory te zabezpiecza się podobnie jak na rys. 152.



Rys. 152. Zabezpieczenie otworu do cięgna wychodzącego ponad dach



Rys. 153. Sposób umocowania dłuższych cięgien poziomych

Dłuższe cięgna poziome należy umocować w pewnych odległościach na pionowych drutach, jak to widzimy na rys. 153. Choćbyśmy takie długie cięgno dosyć mocno naprężyli, to i tak będzie ono nieco zwisać. Podczas działania mechanizmu zwis będzie się podnosił, a tym samym nastąpi strata ruchu. Ażeby tego uniknąć, cięgno takie umocowane jest w ten sposób, aby było nieco wygięte w górę. Na końcach drutów pomocniczych, odciągających lub podtrzymujących cięgna, można założyć kółka lub potrójne ucha, aby cięgna przesuwały się w nich swobodnie.

Przy zakładaniu nowych cięgien ostrożni zegarmistrze urządzają się w ten sposób, że wpierw montują cięgna z cienkich drutów, a według tych wymiarów przygotowują już właściwe.

7. Młotki

a. Ogólnie

Wielkość młotków bijących godziny i kwadransy oraz całe ich urządzenie zależy od kształtu i wielkości dzwonów, jak

również od miejsca i przestrzeni, jaką się przy dzwonach rozporządza. Kształt zaś trzonek i młotków zależy przede wszystkim od rusztowania, na którym dzwony są umieszczone. Niejednokrotnie zdarza się, że przy budowie takiego rusztowania nie bierze się pod uwagę, w jaki sposób będzie można młotek zmontować. Wskutek tego dopiero później powstają trudności i łamigłówki przy rozwiązywaniu urządzeń bijących. Przeważnie trzonki umieszczone są w pozycji leżącej, aby młotki mogły uderzać w dolną krawędź dzwonu (rys. 18 nr 10).

b. Ciężar młotków

Ważną jest rzeczą, ażeby ciężar młotków był w należytej proporcji do wielkości i ciężaru dzwonów, gdyż w ten sposób osiąga się czysty i donośny dźwięk. Zbyt ciężkim młotkiem można dzwon uszkodzić, zbyt lekkim nie wywoła się odpowiednio silnego i ładnego dźwięku.

Dokładny ciężar młotków może być ustalony jedynie w drodze doświadczeń. Różne kształty i grubości ścian dzwonów oraz ich jakość wymagają różnego ciężaru młotków. Dla orientacji podajemy tabelkę ciężaru młotków w zależności od ciężaru dzwonów. Nie można jednak trzymać się ściśle podanej tabelki, gdyż dane te są tylko orientacyjne. Pochodzą one ze źródeł niemieckich. Natomiast angielskie źródła przytaczają, że do dzwonów, których górna średnica wynosi dwunastokrotną grubość ścianki w najgrubszych miejscach (co jest najlepszą proporcją), należy stosować młotki o ciężarze wynoszącym $1/50$ część ciężaru dzwonu. Mniejsze zaś dzwony wymagają stosunkowo cięższych młotków.

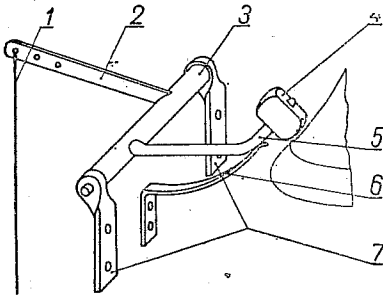
Z powyższego wynika, że cieńsze dzwony nie wymagają tak ciężkich młotków jak grubsze. Wspomnieć jednak należy, że nawet najlepiej dobrany młotek, uderzający w cienki dzwon, nie wywoła tak ładnego głosu, jak uderzający w dzwon gruby.

Tabela orientacyjna ciężaru młotków

Dźwięk	Dzwony z brązu		Ciężar młotków kg	Dzwony ze stali	
	Ø cm	Ciężar kg		Ø cm	Ciężar kg
f	26	11	0,5	36	28
e	27	13	0,6	40	33
es	29	17	0,8	42	40
d	31	22	0,8	44	45
cis	34	25	0,9	47	50
c	36	30	1	49	57
h	38	40	1,5	52	65
b	41	45	1,5	55	75
a	44	50	2	57	85
gis	49	60	2	60	100
g	51	70	2,5	62	110
fis	53	85	2,5	65	125
f	55	105	3	68	145
e	59	120	3	70	160
es	62	150	4	75	200
d	66	170	4	80	230
cis	70	200	5	84	250
c	74	245	5	89	300
h	79	300	6	92	340
b	84	355	6	96	400
a	89	445	7	102	460
gis	94	500	7	112	600
g	99	600	8	117	680
fis	105	750	9	126	850
f	112	850	10	133	1000
e	118	1000	12	138	1100
es	125	1200	14	143	1200
d	132	1500	16	149	1350
cis	141	1800	18	157	1600
c	148	2000	20	166	1900
h	158	2500	25	177	2250
b	168	3000	30	188	2600

c. Umocowanie młotków

Urządzenie młotka składa się zwykle z młotka 4 (rys. 154), trzonka 5 i wałka 3 o średnicy od 20 do 40 mm. Wałek taki ma na końcu dwa czopy osadzone w łożyskach (panwiach) 7. W tym samym wałku zanitowana jest dźwignia 2, do której przytwierdzone jest cięgno 1 pociągane przez dźwignię mechanizmu bicia. Sprężyna 6 służy do podtrzymywania młotka.



Rys. 154. Normalne urządzenie młotka

Zdarza się czasem, że trzonek młotka, osadzony w wałku 3, zakręcony jest nakrętką. Nie jest to praktyczne, gdyż przy wstrząsach uderzeniowych nakrętka łatwo się odkręca, wskutek czego trzonek młotka się luzuje.

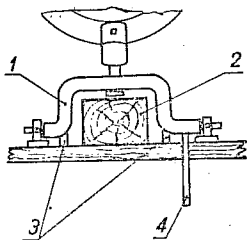
Dźwignia 2 powinna być tak przytwierdzona do wałka 3, żeby w połowie ruchu pociągającego tworzyła kąt prosty z ciągnem 1.

Ważną jest rzeczą, żeby przy montażu cięgien i urządzeń młotków odpowiednie części przymocowywać wkrętami a nie gwoździami. Chodzi bowiem o to, żeby silniej były przymocowane, a w razie potrzeby można było je odkręcić.

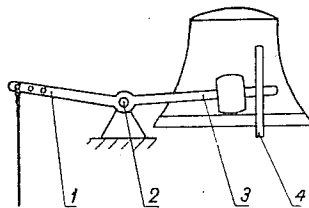
Jeżeli przy rusztowaniu dzwonów, gdzie ma przyjść młotek, jest wolne miejsce, to przymocowuje się tam odpowiednią belkę, a na niej jedną lub w razie potrzeby dwie poprzeczki. Na tych poprzeczkach umieszcza się wałek młotka wraz ze sprężyną odbojową i innymi zabezpieczeniami.

Bardzo często bezpośrednio pod jarzmem dzwonu znajduje się belka, i to blisko krawędzi dzwonu, tam właśnie, gdzie młotek powinien być umieszczony. W takim wypadku robimy w tej belce otwór, przez który wychyla się młotek z podpierającą sprężyną. Jeżeli w takiej belce nie można zrobić otworu, urządzenie młotka przeprowadza się w ten sposób, jak na rys. 155.

Na wygiętym wałku 1 przy belce 2, umieszcza się młotek na krótkim trzonku, a przy obydwu wygięciach wałka daje się sprężyny odbojowe 3. W dłuższym końcu wałka umocowana jest dźwignia 4.



Rys. 155. Umocowanie młotka obok przeszkadzającej belki

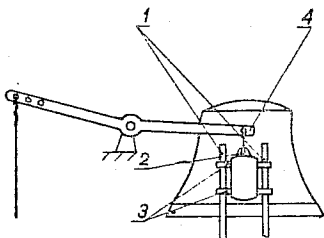


Rys. 156. Boczne umiejscowienie młotka

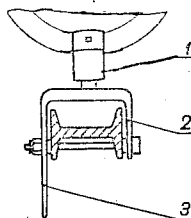
Gdy odstęp między dzwonami a rusztowaniem jest tak niewielki, że młotka normalnie tam zmontować się nie da, zamocowuje się go bokiem, jak to widzimy na rys. 156. Trzonek młotka 3 tworzy tu jedną całość z dźwignią 1 zamocowaną obrotowo na osi 2. Oś ta przymocowana jest do rusztowania dzwonu. Przy takim umiejscowieniu młotka, obuch jego musi być ścięty stosownie do ukośnej krawędzi dzwonu. Ażeby uderzenie w dzwon było pewniejsze i młotek po dzwonie się nie ślizgał, w tym celu w pobliżu dzwonu przymocowana jest do rusztowania prowadnica 4 obejmująca koniec trzonka wystający poza młotek.

Jeżeli wyżej opisane rozwiązanie ze względu na brak miejsca nie może być przeprowadzone, posługują się zegarmistrze jesz-

cze innym „fortelem“, co nam przedstawia rys. 157. Przy tym urządzeniu młotek ma cztery wystające kołki 3, które suwają się w prowadnicach 1 przymocowanych do rusztowania dzwonu.

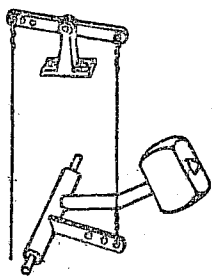


Rys. 157. Boczne umiejscowienie młotka wiszącego

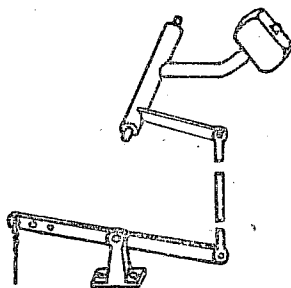


Rys. 158. Sposób umieszczenia młotka na dwutewniku rusztowania

Obuch młotka musi być również ukośnie ścięty. W górnej części młotek ma ucho 2, za które przymocowany jest do dźwigni 4. Sprężyna odbojowa może być umieszczona przy rusztowaniu tak, żeby sięgała pod obuch młotka.



Rys. 159. Dźwignia z tej samej strony, co i młotek

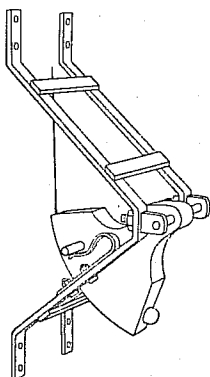


Rys. 160. Dźwignia od strony młotka napędzana od dołu

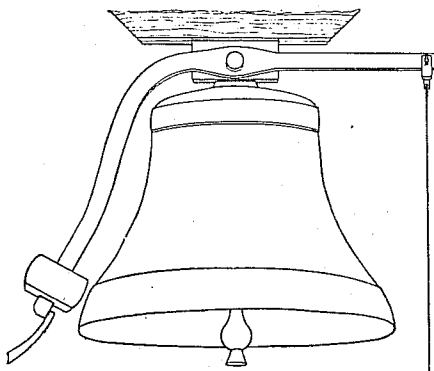
Przy żelaznej konstrukcji rusztowania dzwonu zdarza się również, że tam, gdzie powinien być umieszczony młotek, przeszkadza nam pionowa belka dwuteowa. Jeżeli pozwalają na to

i inne okoliczności, można wybrnąć z tej trudności w ten sposób, że odsuwamy jarzmo dzwonu na tyle, żeby zmieścić młotek w sposób uwidoczniiony na rys. 158. Jeden koniec części 2, w której zamocowany jest trzonek młotka 1, przedłużony jest w ten sposób, że tworzy razem dźwignię 3. Sprężynę odbojową umieszcza się tu również pod wygiętą częścią 2.

W niektórych wieżach rusztowanie dzwonu dotyka prawie aż do muru wieży, wskutek czego nie ma już miejsca na dźwignię. W takim przypadku umieszcza się dźwignię z tej strony wałka, co i trzonek młotka, jak to przedstawione jest na rys. 159 i 160.



Rys. 161. Młotek bez-trzonkowy poruszany od góry



Rys. 162. Umocowanie młotka na jarzmie ruchomego dzwonu

Cięgno musi być wyprowadzone wyżej, tam zaś umieszcza się dodatkową dźwignię, od której prowadzi cięgno w dół. (Patrz również rys. 18 nr 12).

Jeżeli na rusztowaniu dzwonowym nie można wyprowadzić cięgna w górę, to dźwignię dodatkową umieszczamy na dole i łączymy ją z dźwignią młotka za pośrednictwem sztywnego pręta, jak na rys. 160.

Oprócz normalnych młotków na trzonkach spotyka się także młotki beztrzonkowe, jakie wykonywał również Mięsołowicz.

Mają one zastosowanie wówczas, gdy brak miejsca nie pozwala na normalne młotki, a oprócz tego mają być poruszane od góry. Młotek taki widzimy na rys. 161.

Rzadko spotykane umocowanie młotka widzimy na rys. 162. Tego rodzaju umocowanie stosuje się tam, gdzie nie ma miejsca na rusztowaniu dzwonu. Gdy dzwon znajduje się w spoczynku, młotek wybija godziny czy kwadransy normalnie. Gorzej jednak jest podczas dzwonienia, gdyż dźwignia będąca w ruchu razem z dzwonem szarpie ciągnem bez potrzeby.

Młotki przy dzwonach ruchomych powinny być tak urządzone, żeby dzwony w czasie ruchu nie zaważały o młotki lub dźwignie. Młotek należy umieszczać na jednej osi z jazmem i środkiem ruchomego dzwonu.

d. Pozycja spoczynkowa

Młotki w stanie spoczynku powinny być oddalone od powierzchni dzwonu o 5 do 10 mm, aby dzwon mógł swobodnie drgać. W tym celu młotek jest podtrzymywany sprężystością trzonka lub sprężyną odbojową, która oddala uderzający młotek od dzwonu. Sprężyna taka powinna się zginać w przedniej części i dlatego na końcu jest cienko odkuta, tylna zaś część jest pozostawiona grubsza. Sam koniec sprężyny odbojowej jest lekko pogrubiony, ażeby trzonek młotka nie tak łatwo ją uszkodził czy wypracował.

Kształt i sprężystość sprężyny odbojowej powinny być takie, żeby młotek tylko raz uderzał o dzwon. Jeżeli sprężyna ta jest niewłaściwie dogięta, to młotek uderzy o dzwon po raz drugi a nawet trzeci, co oczywiście jest niewłaściwe. Jeżeli sprężyna jest dobrej jakości i z odpowiedniej stali, to nie musi być hartowana, jeżeli natomiast nie ma ona dostatecznej sprężystości, to można ją wzmocnić przez podłożenie drugiej, cieńszej i krótszej. Gdyby i ta nie była wystarczająco silną, można złożyć razem więcej płaskich, coraz krótszych sprężyn, podobnie jak to jest u resorów samochodowych lub wagonowych.

Zamiast płaskiej sprężyny odbojowej stosowana jest niekiedy sprężyna spiralna, umieszczona na trzpieniu zakończonym główką podpierającą zwykle trzonek młotka.

Lepiej jest nie dzwonić wówczas, gdy ma być wybijana godzina, gdyż młotek nie trafiwszy w dzwon może swym zamachem zgiąć płaską sprężynę odbojową, a bujający się w tym czasie dzwon może trafić o zbyt wychylony młotek i spowodować wypadek. Aby uniknąć takiego niemiłego „spotkania się“, należy przeprowadzić pod trzonkiem młotka zabezpieczającą opaskę, która nie pozwoli na zbyt dalekie wychylenie się młotka. Opaska ta musi jednakże być tak umocowana, żeby przy normalnym funkcjonowaniu młotek jej nie dotykał.

Niezależnie od zabezpieczenia młotek należy tak osadzić, by nie opadał zbyt głęboko i nie odchyłał się całkiem wstecz. W tym celu nad trzonkiem młotka albo pod ramieniem, do którego przymocowane jest ciągnie, umieszcza się odpowiednią poprzeczkę.

e. Miejsce uderzania

Przy wykonywaniu młotka należy zwrócić uwagę, aby obuch miał zaokrąglone krawędzie, gdyż krawędzie ostre powodują uszkodzenie dzwonu. W niepokalanowskim zegarze zastosowane są w obuchach wymienne grzybki mosiężne.

Młotki powinny być tak umieszczone, żeby nie uderzały za blisko krawędzi dzwonu, gdyż ton byłby brzęczący i fałszywy. Właściwe miejsce uderzania młotka znajduje się nieco wyżej od krawędzi dzwonu. Uderzenie w to miejsce powoduje dźwięk jasny, czysty i donośny. Łatwo to sprawdzić zwyczajną próbą.

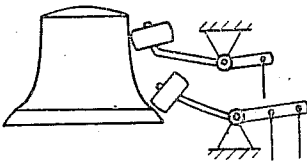
Zwykle na dolnej krawędzi dzwonów, w tych miejscach, gdzie młotki mają uderzać, znajdują się różne ozdoby i desenie. Ponieważ ozdoby te przeszkadzają w uzyskaniu czystych tonów, dlatego należałoby je stamtąd usunąć, oczywiście w porozumieniu z właścicielem.

f. Rodzaje uderzeń

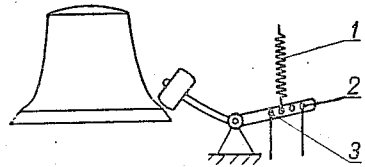
Celem uzyskania dwóch różnych dźwięków na jednym dzwonie, stosuje się dwa młotki uderzające w dwa różne miejsca dzwonu, jak to widzimy na rys. 163.

Chcąc to przeprowadzić wyszukujemy wpieryw ręcznym młotkiem, w którym miejscu dzwon wydaje najbardziej odpowiednie tony. Również zwraca się uwagę, czy jarzma dzwonów i czopy jarzm są dostatecznie dopasowane i nie mają zbyt dużych luzów, gdyż w takim razie dzwon zmienia swoje położenie i uderzenia młotków odbywają się w różne miejsca dzwonu.

Oś obrotu górnego młotka (rys. 163) powinna być bliżej dzwonu, aby podczas bicia młotek się nie zakleszczył. Jeżeli z boku dzwonu jest mało miejsca, to wałek drugiego młotka umieszcza się nad dzwonem.



Rys. 163. Sposób uzyskania dwóch różnych dźwięków na jednym dzwonie



Rys. 164. Sposób wzmocnienia uderzeń młotka

Dźwięki górnego młotka są co prawda niezupełnie czyste. Ale ponieważ urządzenie takie stosuje się zwykle przy podwójnych dźwiękach (bim-bam), przeto drugie uderzenie dolnego młotka zagłusza poprzednie i dzięki temu podwójne tony wychodzą możliwie.

Na wieży kościoła oo. redemptorystów w Krakowie młotki wybijają godziny i kwadransy na jednym dzwonie. Jeden młotek wybija godziny przy krawędzi dzwonu, a drugi młotek wybija kwadransy uderzając w ten sam dzwon nieco wyżej.

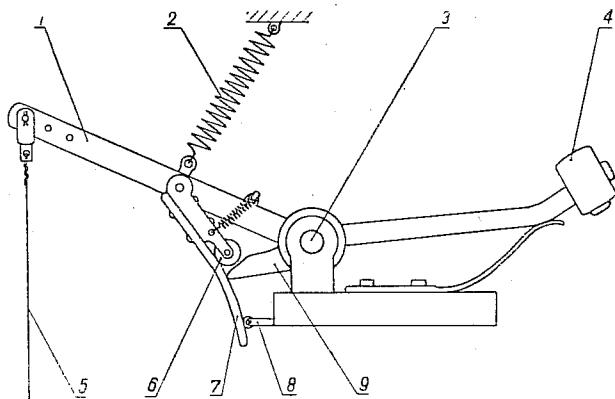
Nawet jednym młotkiem i na jednym dzwonie można uzyskać dwa różne dźwięki. W dźwigni młotka jest kilka otworów (rys. 164). Do otworu 2 dołącza się cięgno z mechanizmu kwadransowego i uzyskuje się wówczas lekkie uderzenie, natomiast cięgno poruszane przez godzinowy mechanizm bicia przyłącza się do otworu 3 znajdującego się bliżej wałka i uzyskuje się wówczas znacznie silniejszy dźwięk.

Gdy po zmontowaniu okaże się, że młotek wskutek np. ciężaru cięgna jest za lekki, można temu zaradzić w ten sposób, że do dźwigni przymocowuje się spiralną sprężynę 1 (rys. 164), którą się w miarę potrzeby napręży. Działanie takiej sprężyny może być osłabione lub wzmocnione, zależnie od tego czy się ją zaczepi w otworze bliżej wałka młotka, czy dalej od niego.

W niepokalanowskim zegarze wieżowym w kwadransowym mechanizmie bicia są na kole napędowym kołki bicia z rolkami, ale tylko po jednej stronie koła. Chcieliśmy jednak mieć na kwadransie podwójne dźwięki z dwóch najmniejszych dzwonów. Z umieszczeniem kołków bicia z drugiej strony koła napędowego były pewne trudności. Żeby jednak osiągnąć podwójne dźwięki, zastosowaliśmy rozwiązanie przedstawione na rys. 165.

Cięgno 5, idące od kwadransowego mechanizmu bicia, dochodzi normalnie do ramienia młotka przy niższym, większym dzwonie. Tutaj urządzenie bicia jest normalne. Cięgno to biegnie dalej w górę i połączone jest z ramieniem 1 wyższego młotka 4. Z chwilą, gdy kwadransowy mechanizm bicia zaczyna pociągać cięgno 5, ramię 1 osadzone luźno na wałku 3 zaczyna przechylać się w dół i za pośrednictwem rolki 6 podnosi przez występ 9, osadzony na stałe na wałku 3, młotek 4. Do ruchomej obsady rolki 6 przymocowany jest płaskownik 7, który z chwilą przechylenia ramienia 1 dotyka do nieruchomego oporu 8 i odpycha powoli rolę 6 z występu 9. Gdy upłynie mniej więcej $\frac{2}{3}$ ruchu cięgna 5, rolka 6 spada z występu 9, wskutek czego młotek 4 swoim ciężarem uderza w dzwon. Natomiast cięgno

obniża się jeszcze o $\frac{1}{3}$ swego ruchu pociągając ramię dolnego młotka w dół. Gdy ciągnio to zostanie zwolnione przez dźwignię bicia w kwadransowym mechanizmie, wraca gwałtownie w górę pociągane sprężyną 2, przy czym następuje normalne uderzenie dolnego młotka. Jednocześnie rolka 6 znowu zazębia się z występem 9 i jest przygotowana do następnego uderzenia.



Rys. 165. Bicie na dwóch dzwonach — „bim-bam“ — jednym ciągnem

Urządzenie to działa bez zarzutu. Wykonanie go wymaga jednak nieco więcej pracy, ale za to zyskuje się jednym ciągnem efektowne dźwięki kwadransowe „bim-bam“, a na godzinę dopiero potężne uderzenia „bum“ w największy dzwon.

8. Dzwony

a. Rozwój historyczny

W epoce brązu narodziła się nowa gałąź rzemiosła, zwana ludwisarstwem. Ludwisarstwo jest sztuką zajmującą się przede wszystkim odlewaniem dzwonów wieżowych. Dzwony zawsze pełniły pewną funkcję społeczną, bądź o charakterze religijnym

bańd narodowym. Dzwon jest również dziełem sztuki ze względu na piękno dźwięku, który z harmonią dostrojonych tonów ubocznych jest jakby instrumentem muzycznym wydającym miłą dla ucha melodię. Dzwony stanowią jedyny trwały dowód poziomu sztuki odlewniczej danej epoki, dlatego są cenione i ochraniaane przez Państwo, jako przedmioty mające wartość historyczno-zabytkową.

Wynalezienie dzwonów przypisują biskupowi Paulinowi z Noli, który żył w końcu V stulecia. Wieża dzwonowa w Noli datuje się od 604 roku i stoi do dzisiaj. Wprowadzenie dzwonów w kościołach zawdzięczamy papieżowi Sabinianusowi (604—606,) ale rozpowszechniły się one dopiero po 900 roku.

Do VIII stulecia dzwony były kute z blachy żelaznej lub spizowej i miały kształty prawie czworokątne. Około roku 1000 w miejsce kutych dzwonów zaprowadza się lane, które zmieniając swe dawne kształty czepka, półkuli, cebuli lub głowy cukru na ogólnie dziś przyjętą formę, mają odtąd coraz większe rozmiary.

Odlewaniem dzwonów zajmowali się przeważnie zakonnicy, mianowicie benedyktyni, a sztuka ta kwitła wówczas w klasztorach. W XIII i XIV stuleciu, z epoką rozkwitu miast, przechodzi sztuka ludwisarska z rąk klasztornych do cechów świeckich, zajmujących się odlewaniem rozmaitych naczyń i sprzętów metalowych z miedzi, mosiądzu i cyny.

Zastosowanie armat w sztuce wojennej, podniosło także znaczenie sztuki odlewnictwa, ponieważ odtąd ludwisarze nie pracowali tylko przy fabrykowaniu dzwonów, ale równocześnie dostarczali armat, co podniosło znaczenie ich rzemiosła i przyspieszyło jego rozwój.

XV i XVI wiek są to czasy największego rozkwitu sztuki ludwisarskiej, toteż z owych czasów mamy najpiękniejsze, największe udane pomniki z tej dziedziny sztuki, jak np. dzwon na wrocławskim ratuszu, najstarszy na Śląsku (1368 r.), na którym

dotychczas wybijane są godziny, dzwony w tumie kolońskim (1448 i 1449 r.), w kościele Najśw. Maryi Panny w Gdańsku (1453 r.), „Tuba Dei“ w bazylice św. Jana w Toruniu (1500 r.).

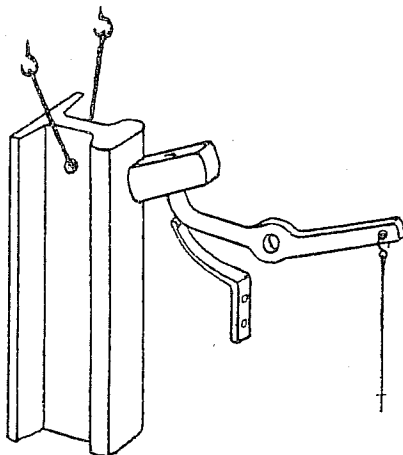
Szczególnie ceniony, jako pamiątka narodowa, jest dzwon Zygmunta w Krakowie ulany w 1518 r. Ma on 2,60 m średnicy. Wysokość jego bez korony wynosi 2,07 m, a waga — przeszło 12 000 kg.

Największy dzwon na świecie znajdował się na Kremlu w Moskwie. Odlął go Michał Monterine w 1733 roku, ważył 216 000 kg. Średnica jego wynosiła 7,04 m, a wysokość 6,5 m. Samo serce dzwonu ważyło 5 000 kg. W czasie pożaru na Kremlu w 1737 roku dzwon ten został uszkodzony i od 1836 roku umieszczony jest na granitowym cokole przy dawnej wieży dzwonowej stanowiąc okaz kunsztu odlewniczego. Następny z kolei co do wielkości dzwon znajduje się w Bazylice św. Piotra w Rzymie, pochodzi z 1775 roku i waży 19 000 kg.

Pierwotnie dzwony służyły tylko do zwoływania wiernych na nabożeństwa. Później strażnicy na wieżach wydzwaniali na nich godziny ręcznie, a dopiero od XIV w. urządziła się automatyczne wydzwanianie godzin.

W 1467 r. ludwisarz Bartłomiej Kneck z Alost we Flandrii wynalazł tzw. kuranty, czyli zestawienie całego szeregu dzwonów tak do siebie w tonach zestawionych, że można było na nich za pomocą mechanizmu zegarowego lub klawiatury wygrywać pewne melodie. Odtąd zjawiają się rozmaite kuranty na wieżach kościelnych lub ratuszowych, do wydzwaniania niektórych akordów w pewnych z góry określonych godzinach. Świadczy to o tym, że już wówczas znano w dość wysokiej mierze sztukę odlania dzwonu z żadaną wysokością tonu. Największe i najpiękniejsze zestawienie zespołu dzwonów kurantowych, składające się z 37 dzwonów o łącznej wadze 17 500 kg, było na wieży kościoła św. Katarzyny w Gdańsku. Podobny zespół, bo składający się również z 37 dzwonów, znajduje się obecnie na Jasnej Górze w Częstochowie.

W okresie ostatnich wojen niejednokrotnie się zdarzało, że wobec rekwizycji dzwonów zastępowano je jakimiś namiastkami. Jeżeli zaś pozostał przynajmniej jeden dzwon, to instalowano przy nim na różnej wysokości, po dwa lub więcej młotków, które wskutek tego powodowały różne dźwięki. Gdy natomiast



Rys. 166. Kawałek szyny kolejowej zamiast dzwonu

nie było żadnego dzwonu, zawieszano na wieżach sztaby metalowe o kształcie trójkątów (trianguly), rury żelazne, obręcze od kół, płyty metalowe, szyny kolejowe (rys. 166), zderzaki wagonowe lub obręcze kół samochodowych. Oczywiście, że przy tego rodzaju urządzeniach donośność dźwięku jest znacznie mniejsza. Jeżeli nawet postarano się o dzwon żeliwny, to i tak nie wydawał on takiego dźwięku jak dzwon spiżowy.

b. Dzwony stalowe

Niektóre firmy odlewają dzwony stalowe. Dzwony takie są o $\frac{1}{3}$ a czasami nawet o połowę tańsze od dzwonów spiżowych; mają jednak dużo ujemnych cech, a ich niska cena jest tylko pozorna. Weźmy np. takie porównanie: Dzwon spiżowy w tonie C drugiej oktawy waży około 300 kg. W normalnych warunkach

kach akustycznych słycać go doskonale w promieniu 6 kilometrów. Trwałość zaś jego przy umiejętnym obchodzeniu się z nim wynosić może około 500 lat. Dzwon zaś stalowy w tonie C drugiej oktawy, ze względu na wysoką tonację tych dzwonów, musi ważyć co najmniej 900 kg. Słyszalność zaś jego nie będzie przekraczać 4 — 5 km.

Nie to jednak jest główną wadą dzwonów stalowych. Polega ona na tym, że na skutek wibracji dzwonu stalowego, atomy przegrupowują się w cząsteczkach (molekułach) powodując z biegiem czasu fałszowanie głosu dzwonu oraz — w następstwie zjawiska zmęczenia materiału — nieuchronne pęknięcie.

Natomiast dzwon spiżowy w miarę jego używania właśnie niejako „wyrabia“ się. Polega to na tym, że na skutek drgań atomy spiżu układają się w jak najkorzystniejsze dla dźwięku zgrupowania, a rezultatem tego jest piękny dźwięk starych dzwonów, tak nieraz podziwiany.

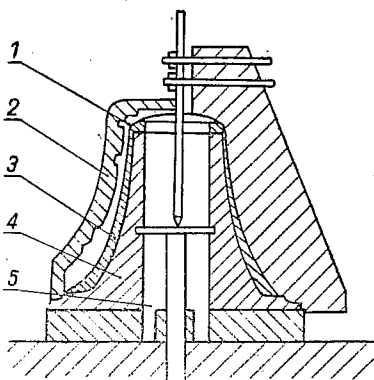
W Ameryce a także w Belgii oraz w niektórych prowincjach Francji są dzwony odlewane ze szkła. Serca tych dzwonów są drewniane. Możliwość pęknięcia ograniczona jest do minimum. Nie są one jednak zazwyczaj większych rozmiarów. Dźwięk ich jednak jest dość miły i głęboki. Nie mają jednak odpowiedniego i właściwego dzwonowi barytonu. Wykonywano je zwykle do zespołów kurantowych.

c. Technika odlewu dzwonów

Dzwony spiżowe lane są zazwyczaj ze stopu zawierającego: 78% miedzi (Cu) oraz 22% cyny (Sn). Stop ten nazywamy spiżem albo brązem dzwonowym.

Zawartość cyny ma również wielki wpływ na dźwięk i rezonans dzwonu: im więcej cyny tym jaśniejszy i silniejszy dźwięk. Jeżeli dzwon ma więcej niż 22% cyny łatwiej ulega pęknięciu. Zawartość cyny, zdradza już sam wygląd dzwonu. Im mniej cyny, tym czerwieńszy jest dzwon, im więcej tym bielszy.

Dzwony spiżowe odlewają ludwisarze w formach glinianych, wykonanych szablonem i opancerzonych żelaznymi obręczami. Przekrój takiej formy widzimy na rys. 167. Część niezakreskowana 1 jest miejscem przeznaczonym na metal, czyli jest właściwym kształtem dzwonu. Znajdujące się obok warstwy gliny: zewnętrzna 2 i wewnętrzna 3, stanowią płaszcz i jądro formy.



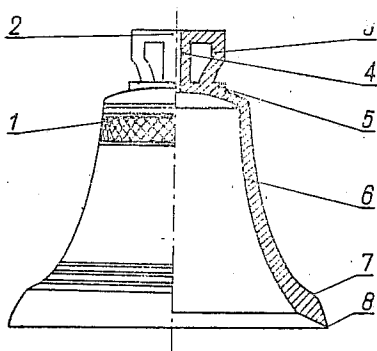
Rys. 167. Przekrój formy do odlewania dzwonów

Jądro a raczej sam trzon 4 jest zwykle wymurowany z cegły niepalonej. Część wewnętrzna 5 jest wydrążona, a sama forma budowana jest na piecu, którego ognisko służy do całkowitego wysuszenia formy. Mylne jest przypuszczenie, jakoby forma dzwonu musiała być wypalona. Forma ma być tylko wysuszona, a wypalania jej na kolor cegły należy bezwzględnie unikać, gdyż powoduje to kruszenie się jej, a tym samym zmniejsza jej wytrzymałość.

d. Określenia poszczególnych części dzwonu

Dolna część dzwonu (rys. 168) nazywa się krawędź dolna 8, nad nią znajduje się pierścień odsercowy, czyli krysa 7. Miejsce to jest najgrubsze, a więc i najmocniejsze, gdyż od strony wewnętrznej uderza tu serce. Odtąd ściana 6 idzie ku górze. W centrum (szyi) 1 średnica dzwonu zmniejsza się niemal do

połowy średnicy dolnej. Centrum zwane także górną tercją dzwonu przeznaczone jest na ornamentykę dzwonu, zakończoną zwykle stosunkowo grubym i szerokim pasem wkoło obwodu. Nad pasem znajduje się kopuła, czyli czapka 5, mniej lub więcej wypukła. Czapka zakończona jest koroną 2 (w starym systemie) lub też głową dzwonu (w systemie nowym), do której przymocowane jest okucie dzwonu, zwane także szyszakiem. Korona składa się zwykle z sześciu ramion, czyli uch 3, i ramienia środkowego, silniejszego, zwanego kluczem 4.



Rys. 168. Poszczególne części dzwonu

Okucia do dzwonów wykonywano dawniej z drewna. W nowszym systemie wykonujemy je z żelaza profilowego, najczęściej ceownika. Okucie takie jest o wiele trwalsze, a stosowane do nich na osiach łożyska kulkowe lub rolkowe zmniejszają wysiłek podczas dzwonienia.

Serce dzwonu jest kute z żelaza i waży około 4% ciężaru całego dzwonu. Dolna część serca nie powinna mieć kształtu idealnej kuli, lecz raczej gruszki. Serce winno uderzać w kryzę, tj. w najgrubszą część dzwonu.

W dawnych dzwonach serce było umieszczone wewnątrz dzwonu na haku zalanym w kopułę dzwonu.

Nowszy system montowania serca polega na tym, że nie spoczywa ono na klamrze zalewanej w dzwon, lecz stanowi całość

kiem oddzielną część, dzięki czemu można dzwon obracać tak, by serce uderzało w inne miejsce, co zapobiega zbyt niemu wydrążeniu dzwonu w miejscu uderzenia. Dzwon, normalnie używany codziennie, a nie obracany, służy około 500 lat, dzwon zaś obracany może służyć do 1500 lat.

e. Dźwięki dzwonów

Ton i dźwięk zależne są w dużej mierze od profilu (przekroju) dzwonu. Głównym zadaniem i dążnością każdego ludwisarza jest wynaleźć taki profil, a raczej taki stosunek grubości dolnej w miejscu krysy do grubości górnej wyższej oktawy, by na skutek rozdrgania się dzwonu pod uderzeniem serca cały dzwon aż do górnej jego krawędzi był podatny na drgania wywołujące dźwięk. Jeżeli bowiem górna część dzwonu będzie grubsza niż na to pozwala proporcja, to dzwon będzie drgał tylko swą dolną połową, powodując krótkotrwały dźwięk. Za dobre uznawane są już te dzwony, które pod wpływem uderzenia dźwięczą przynajmniej 40 sekund.

Od rozmiaru średnicy zależny jest ciężar dzwonu i także wysokość jego tonu. Jeżeli przy tej samej średnicy mamy grubszą ścianę dzwonu, zwłaszcza w miejscu uderzenia, to otrzymujemy ton wyższy.

Ton staje się o tyle niższy, o ile ścianę dzwonu (przy tych samych rozmiarach) mamy cieńszą, zmniejszając przez to nawet ciężar dzwonu. Z dwu dzwonów — o równym ciężarze i równej grubości — ten ma ton wyższy, który ma większą średnicę, a jest niższy.

Ton główny (zasadniczy) powinien być jasny i metaliczny. Górna oktawa i decyma łączą się z głównym tonem dzwonu. Innego charakteru nadają: pryma, tercja, kwinta i dolna oktawa. Są one miękkie, brzęczące i dłużej brzmiące. Im owe tony brzmią dłużej, tym dzwon jest lepszy.

Obok zasadniczego tonu, który winien być czysty, silny, pełny i długi brzmiący, każdy dzwon powinien mieć kilka tonów pobocznych, tak zwanych alikwotów. A więc czystą dolną oktawę, górną tercję (wielką lub małą), czystą kwintę, sekstę i górną oktawę. Tony poboczne winny być harmonijnie brzmiące z tonem zasadniczym. Wszelkie sztuczne strojenia dzwonu za pomocą toczenia go od wewnętrznej strony krysy jest niekorzystne i dysharmonizuje tony poboczne z tonem zasadniczym.

Często spotkać można dzwony o „wyjącej“ barwie głosu. Przyczyną tego zjawiska jest nieregularna ściana dzwonu lub też niezgodność tonów pobocznych z tonem zasadniczym.

Bicie kwadransów na dużych dzwonach musi być urzędzone w odpowiednio dobranych tonach, mianowicie ton kwadransowy musi być wyższy o dużą tercję lub oktawę od tonu godzinnego.

Łożyska dzwonów są czasem tak przeoliwione, że gęsta i zabrudzona oliwa spływa na dzwon, co również w rezultacie ujemnie działa na czystość i długość tonu. Pod łożyskami dzwonu dobrze jest umieścić odpowiednie rynienki, by nadmiar oliwy nie spływał po dzwonie.

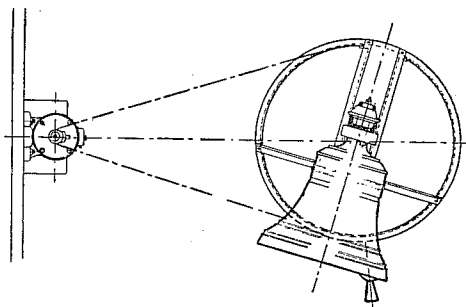
Nie jest korzystne malowanie dzwonów jakąkolwiek farbą, bo wówczas tłumi się ich ton. Dotyczy to specjalnie dzwonów stalowych, które z natury ulegają łatwo rdzewieniu nasuwając wskutek tego myśl pokrywania ich farbą.

f. Umieszczenie i dzwonięcie

Celem umożliwienia należytej donośności dźwięków dzwonów, mimo niewielkich stosunkowo otworów w murach, żaluzji itp., należy dzwony tak montować, żeby dolne ich krawędzie znajdowały się przynajmniej jeden metr ponad dolną krawędzią otworów w murze. Zasada ta dotyczy również i dzwonów zegarów bijących, które nie są umieszczane na wieżach, lecz na innych budynkach.

Dzwony zawieszają się na drewnianym lub stalowym rusztowaniu, zwanym konstrukcją dzwonową. Dzwon przymocowany jest do okucia, spoczywającego w łożyskach konstrukcji. Okucie dzwonu (szyszak) wykonane jest w ten sposób, że $\frac{1}{3}$ lub $\frac{1}{4}$ dzwonu spoczywa w głębi okucia, czyli że czopy dzwonu są o $\frac{1}{3}$ lub o $\frac{1}{4}$ poniżej górnej części dzwonu. System tego okucia ma tę zasadniczą zaletę, że środek ciężkości dzwonu znajduje się bliżej osi obrotu, uwalniając nam przez to łatwiejsze dzwonienie oraz zmniejszając siłę odśrodkową dzwonu. Łatwiej jednak jest taki dzwon przewrócić nie tylko o 180° , ale nawet o 360° , lecz silniejsze pociągnięcie liną przywraca dzwon do normalnego położenia.

Dzwony poruszane są za pomocą liny biegnącej od dzwonów z wieży na dół kościoła. Ponieważ lina ta, ważąca parę kilogramów, obciąża ramię dzwonu z jednej tylko strony, więc w celu zrównoważenia jej umieszczamy po drugiej stronie ramienia przeciwwagę równoważącą ciężar liny.

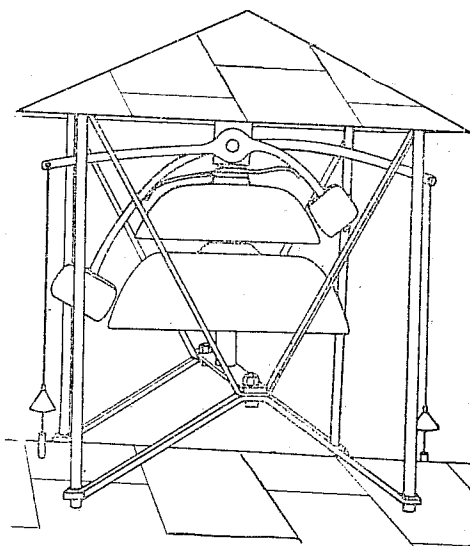


Rys. 169. Elektryczny napęd dzwonu

W nowoczesnych urządzeniach dzwoni się za pomocą prądu elektrycznego (rys. 169). Do okucia dzwonu z boku przymocowane jest koło, o dość dużej średnicy, przy którym w odległości 1,5 — 2 m umieszczony jest silnik z kołem zębatym na wałku. Na kole zębatym umieszczony jest łańcuch drabinkowy, sięgający do połowy odległości od koła. Na samym kole przy dzwonie spoczywa linka stalowa przymocowana do łańcucha.

Za silnikiem znajduje się automat, który przełącza bieg silnika z prawego kierunku na lewy i odwrotnie.

Po uruchomieniu silnika dzwon wykonuje pół obrotu, jaki konieczny jest do pierwszego uderzenia, po czym automat zmienia kierunek obrotu silnika na przeciwny, zmuszając dzwon do półobrotu w przeciwnym kierunku i do następnego uderzenia. Utrzymany ciąg wyżej opisanej pracy powoduje równe, rytmiczne dzwonicie.



Rys. 170. Dzwony miskowe umieszczone na zewnątrz budynku

Przy zastosowaniu prądu elektrycznego do dzwonicia, do każdego dzwonu musi być oddzielny silnik. Silniki używane do tego celu muszą mieć duży moment rozruchowy.

Dzwony umieszczane są zwykle ponad mechanizmem zegarowym. Istnieje co prawda teoretyczne niebezpieczeństwo uszkodzenia mechanizmu zegarowego, na wypadek oberwania się dzwonu, mimo to umieszczanie mechanizmu zegarowego ponad dzwonami nie jest wskazane ze względu na większe chwanie się wieży, działające szkodliwie na izochronizm wahadła.

Jeżeli na wieży nie ma dużych dzwonów kościelnych albo są, lecz nie nadają się do wydzwaniania na nich kwadransów i godzin, to stosuje się dzwony specjalne w kształcie kielicha lub miski (rys. 170), które fabryki dostarczają razem z zegarami. Jeżeli zaś nie ma miejsca na umieszczenie takich dzwonów zastępczych, to można je zmontować na zewnątrz muru, a wówczas ich dźwięki będą się rozchodziły jeszcze donośniej.

9. Żaluzje

Dzwony, na których wybijane są godziny i kwadransy, mieszczą się zwykle wewnątrz wież. Ażeby dźwięki tych dzwonów mogły przedostawać się na zewnątrz, a jednocześnie żeby opady atmosferyczne nie dochodziły do dzwonów, w tym celu stosuje się tzw. żaluzje. Wykonywane są one z desek, blach lub ze zbrojonych płytek szklanych, które zwiększają rezonans (na placu Szembeka w Warszawie). Ich wewnętrzne krawędzie powinny być wygięte ku górze, ażeby utrudnić przedostawanie się deszczu lub śniegu. Takie urządzenie żaluzji widzimy na rys. 18, nr 14 i 15.

Zamiast żaluzji stosowane są w nowoczesnych kościołach ażury. Ażur żelbetowy zastosowany jest np. na wieży kościoła w Niepokalanowie. Natomiast ażur z cegły jest zrobiony na wieży kościoła św. Rodziny we Wrocławiu na Sępolnie. Ażury takie, chociaż mniej chronią wnętrze wieży przed opadami atmosferycznymi, to jednak są o tyle lepsze, że mniej tłumią dźwięki dzwonów. Mimo żaluzji lub ażurów śniegi i deszcze przedostają się niekiedy wewnątrz, dlatego podłoga lub posadzka w pomieszczeniu dzwonowym powinna być dobrze uszczelniona.

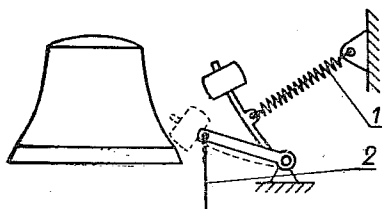
10. Urządzenia alarmowe

Przez urządzenia alarmowe (sygnałowe) rozumiemy takie urządzenia, które nie służą do wybijania godzin, lecz do sygna-

lizowania określonych momentów, np. zwoływania na modlitwę, do szkoły, do pracy itp. Sygnały te wywoływane są zwykle ręcznie przez pociąganie cięgien, a za ich pośrednictwem młotków. Dzwony pozostają wówczas nieruchome.

Pierwszy sposób wywoływania zwykłych dźwięków alarmowych polega na tym, że obok normalnych cięgien łączących młotek z mechanizmem bicia znajduje się drugie cięgno pociągane ręcznie. Sposób ten ma jednak tę niedogodność, że uderzenie w dzwon nie następuje przez pociąganie cięgna, ale przez puszczenie go.

Drugi sposób polega na tym, że pociągając linię czy sznur uruchamia się młotek, który uderza w dolną krawędź dzwonu od strony wewnętrznej. Cięgno takie przeprowadzone jest do niższej kondygnacji wieży i zaopatrzone na końcu odpowiednim uchwytem. Rzecz jasna, że przy tym urządzeniu nie można dawać sygnałów w tym czasie, gdy dzwon się kołysze, wówczas bowiem i dzwon, i młotek mogłyby ulec uszkodzeniu, o czym zwykle przestrzega instrukcja umieszczona przy ręczce, za którą się pociąga.



Rys. 171. Sposób instalowania młotków przy urządzeniach alarmowych

Trzecie rozwiązanie polega na tym, że młotek urządony jest podobnie jak przy zegarowym mechanizmie bicia, tzn. że uderza w zewnętrzną ścianę dzwonu, lecz nie ma sprężyny odbijowej. Takie urządzenie widzimy na rys. 171. Pociąganie za cięgno 2 powoduje uderzenie młotka w dzwon. Sprężyna spiralna 1 podciąga młotek do góry. Zaletą tego urządzenia jest to, że nie ma obawy jakiegokolwiek uszkodzenia podczas niewłaściwego obchodzenia się z nim.

Ł. OBUDOWY

Przy instalacji zegarów wieżowych należy uwzględnić jeszcze tę okoliczność, że mechanizm musi się znajdować w jasnej, zamkniętej przestrzeni, wolnej od kurzu i zabezpieczonej od wstrząsów. Jeżeli zaś mechanizm nie jest obudowany, to oliwa bardzo szybko się zakurza, części rdzewieją i zdarzyć się może, że niepowołane osoby rozregulowują lub nawet uszkadzają mechanizm.

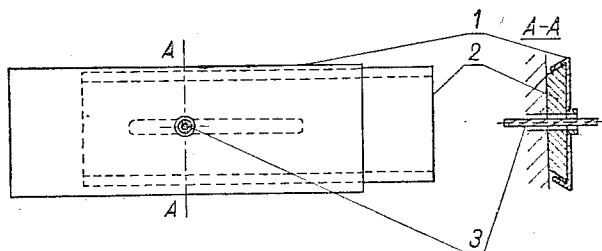
Do zabezpieczenia mechanizmu służy *obudowa* zegara, czyli *szafa*.

Mechanizm i szafa zegara powinny być przymocowane na szczelnej podłodze. W drzwiach i ścianach szafy zwykle umieszcza się okna, aby z zewnątrz można było obserwować nawijanie się liny i działanie mechanizmu, a w razie potrzeby przez otwarcie tych okien był z każdej strony dostęp do zegara. Szafa ta powinna być nie tylko szczelna, ale i jasna, ażeby ułatwić czyszczenie i oliwienie zegara. Oprócz światła naturalnego powinno być jeszcze światło elektryczne z ruchomą lampą warsztatową.

Aby do ręcznego nakręcania zegara nie otwierać szafy i nie narażać mechanizmu na zakurzenie, pożądane jest porobić w ścianie szafy otwory naprzeciw chwytów (kwadratów do nakręcania). Aby przez te otwory kurz nie miał dostępu, należy zawiesić nad nimi blaszane zasłonki, które po wyjęciu korby z otworu, opadają swoim ciężarem i otwór zasłaniają.

Lina podczas podciągania i opuszczania się obciążników zmienia swoje położenie w ścianach szafy, dlatego otwór do liny musi być podłużny. Otwór ten również należy zabezpieczyć przed kurzem *zasłonką przesuwaną* przedstawioną na rysunku 172. Spodnia część tej zasłonki 2 jest przymocowana na

stałe do szafy, a wierzchnia część 1 przesuwana się po niej, gdyż jest poruszana liną 3 przechodzącą przez otwór.



Rys. 172. Zasłonka przesuwana podłużnego otworu do liny

Nie należy jednak sądzić, że szafa zegara musi być tak szczelna, żeby nawet powietrza nie przepuszczała. Mechanizm należy chronić od kurzu i innych zanieczyszczeń, ale przewietrzanie szafy jest nawet konieczne. Przekonano się o tym następującym doświadczeniem:

Szafa pewnego zegara była zrobiona w ten sposób, żeby do wnętrza nie mogły się dostać ani kurz, ani wilgoć. Oprócz tego mechanizm ten umieszczono w szklanym kloszu. Jednak wilgoć zawarta w powietrzu, pod wpływem zmian temperatury, osadzała się na mechanizmie, szczególnie w chłodne dni. Gdy po jakimś czasie zegar ten był naprawiany, usunięto przy tej okazji wspomniany klosz oraz wpuszczono prąd powietrza przez dwa małe otwory w przeciwległych ścianach szafy. Od tej pory mechanizm był zawsze suchy.

Doświadczenie to nie oznacza bynajmniej, że szafy są niepotrzebne, ale stwierdza tylko, że tam, gdzie mechanizm nie może być dostatecznie zabezpieczony od wilgoci, powinno się również szafę zegara przewietrzać. Byłoby jeszcze lepiej, gdyby można szafę utrzymywać w ciepłym, suchym miejscu i w ten sposób zabezpieczać przed skraplaniem się zawartej zawsze w powietrzu pary wodnej.

M. ELEKTRYFIKACJA ZEGARÓW WIEŻOWYCH

Zegary elektryczne opiszemy w dalszych częściach „Zegarmistrzostwa“ po omówieniu technologii i naprawy czasomierzy mechanicznych. Tutaj natomiast chcemy omówić tylko pewne pomocnicze urządzenia wielkich zegarów mechanicznych, do których używa się prądu elektrycznego. Co prawda, już w rozdziale o tarczach opisujemy nie tylko sposoby ich elektrycznego oświetlenia, ale również elektryczne urządzenia do samoczynnego włączania i wyłączania światła. Niniejszy rozdział zgrupuje resztę pomocniczych urządzeń elektrycznych stosowanych dodatkowo w mechanicznych zegarach wieżowych.

1. Elektryczne naciągi zegarów wieżowych

Nakręcanie zegarów wieżowych z codziennym naciąganiem jest dosyć uciążliwe, gdyż codziennie trzeba wychodzić na wieżę, co razem z nakręcaniem zabiera sporo czasu. Zegar zaś z tygodniowym naciąganiem musi być bardziej złożony, a więc i droższy. Gdzie więc jest prąd elektryczny i pewność, że nie będzie on zbyt często ani na dłuższy czas przerywany, tam stosuje się zwykle zegary z samoczynnym naciąganiem elektrycznym. Kalkuluje się to znacznie taniej niż naciąg ręczny. Podciąganie obciążnika może się odbywać raz na dzień, na godzinę, na minutę lub na pół minuty.

Konstrukcje naciągów elektrycznych, budowanych przez różne wytwórnie, znacznie różnią się od siebie, jednakże zasada pozostaje zwykle ta sama. Obciążnik jednego z mechanizmów chodu, bicia kwadransów czy godzin, po obniżeniu się do pewnego punktu, włącza silnik elektryczny, który te obciążniki podciąga. W niektórych zegarach lżejszy obciążnik, np. mechanizmu chodu, jest podciągany przez obciążnik mechanizmu bicia, w innych zaś obciążnik każdego mechanizmu podciągany jest osobnym silnikiem.

Zanim jednak zdecydujemy się zastosować zegar wieżowy z samoczynnym naciągiem elektrycznym, musimy zdać sobie sprawę, że taki naciąg jest bardziej skomplikowany, dlatego wymaga staranniejszej opieki i więcej wiadomości fachowych.

Przy częstym naciągu elektrycznym opad obciążnika jest zwykle nieduży, gdyż tylko od mechanizmu do podłogi. Jest to bezsprzecznie dużą zaletą, ale gdy prądu nie ma, trzeba zegar bardzo często ręcznie nakręcać. Z tego względu, gdzie to jest możliwe, warto i przy zegarach z samoczynnym naciągiem elektrycznym zastosować kilku- lub kilkunastogodzinną rezerwę chodu. Jeżeli np. zegar przy pełnym opadzie obciążnika chodzi trzydzieści godzin, a silnik podciąga go co dobę, przerwa zaś prądu nastąpi tuż przed chwilą naciągu, to zapas chodu wynosi zaledwie kilka godzin. Z tego więc względu stosuje się możliwie największą wysokość opadu z dosyć krótkimi okresami podciągania. Przy tym należy mieć na uwadze, że miejscowości prowincjonalne mają częstsze przerwy prądu, dochodzące w niektóre dni do kilku, a nawet kilkunastu godzin, jak np. w niedziele.

Trudności te mogą być usunięte przez zapas prądu w ten sposób, że z chwilą przerwy włączane są akumulatory. Niestety, z możliwości tej, ze względu na koszty, zwłaszcza w zastosowaniu do większych zegarów, z dużymi, nieraz kilkumetrowymi wskazówkami i ciężkimi młotkami, na ogół się nie korzysta. Przy tym dodanie jeszcze jednej instalacji do zegara też nie zawsze odpowiada. Wreszcie stosunkowo nieduża pojemność akumulatorów, a zwłaszcza ogniów, przy wysokiej cenie i kosztownej konserwacji, również nie zachęca do ich stosowania.

Rozróżniamy elektryczne naciągi pojedyncze (jeden silnik do jednego mechanizmu) lub zespolone (jeden silnik do kilku mechanizmów). Naciągi te można by podzielić na:

- a) bezpośrednie,
- b) łańcuchowe,

- c) korbowodowe,
- d) ślimakowe i
- e) różnicowe.

a. Naciąg bezpośredni

Bezpośrednim naciągiem nazywamy taki napęd, w którym silnik przez odpowiednią przekładnię zębatą działa wprost na koło napędowe mechanizmu bicia i tylko w chwili wybijania kwadransów czy godzin. Sposób taki, chociaż nie wymaga obciążników jest jednak mało praktyczny, gdyż silnik musi być włączony i wyłączony (dla każdego bicia), a z chwilą przerwy prądu całe urządzenie nie działa.

b. Naciągi łańcuchowe

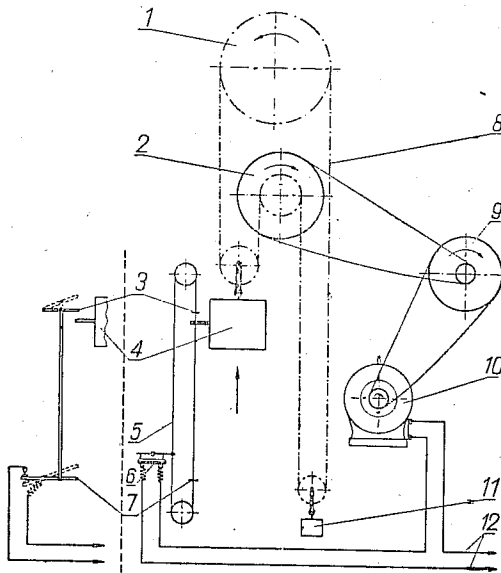
Urządzenia elektrycznego naciągu łańcuchowego mogą być różne, zawsze jednak główną rolę spełnia tu łańcuch bez końca. Zamiast bębna, na osi napędowej jest koło łańcuchowe, które napędzane jest obciążnikiem zawieszonym na wspomnianym łańcuchu. Łańcuch ten nie jest tak długi, żeby mógł wystarczyć na dobę chodu zegara, dlatego włączanie naciągu odbywa się co godzinę lub częściej. Zegar z elektrycznym naciągiem łańcuchowym znajduje się m. in. na kościele św. Marcina w Poznaniu.

Schemat elektrycznego naciągu łańcuchowego widzimy na rys. 173. Prąd elektryczny doprowadzony jest przewodami 12 (przy prądzie zmiennym 3 przewody) przez wyłącznik rtęciowy 6 do silnika 10. Z silnika na przystawkę redukcyjną 9 i stąd na koło pasowe 2 obroty przenoszone są pasami napędowymi. Gdy obciążnik 4 zostanie już podciągnięty do góry, wówczas za pośrednictwem linki 5 i umieszczonego na niej górnego oporu 3, przechyla on wyłącznik rtęciowy 6. Wskutek tego obwód prądu jest przerywany i silnik staje.

Obciążnik 4 napędza mechanizm zegara za pośrednictwem łańcucha 8 i koła łańcuchowego 1, osadzonego na osi napędowej. Mały ciężarek 11 służy do naprężania łańcucha.

Gdy obciążnik opuści się aż do dolnego oporu 7, wówczas odchyła on z powrotem wyłącznik 6 do poziomu, rtęć zamyka obwód prądu i silnik zaczyna znowu działać.

Na tym samym rys. 173, z boku przedstawiony jest sposób włączania i wyłączania naciągu za pomocą wyłącznika stykowego. Górny opór 3 połączony jest tu z dolnym oporem wyłącznika 7 sztywnym drążkiem. Działanie zasadniczo nie różni się od wyżej opisanego.

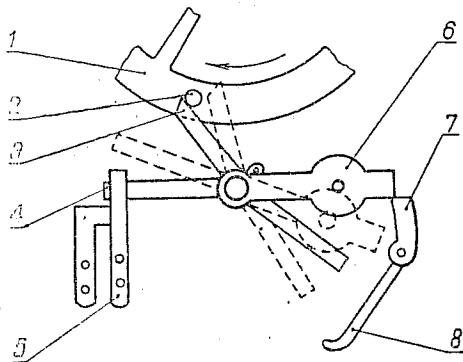


Rys. 173. Schemat elektrycznego naciągu łańcuchowego 1)

Nieco inny rodzaj urządzenia do samoczynnego włączania i wyłączania elektrycznego naciągu łańcuchowego widzimy na

1) Rys. ten jest tylko uproszczonym schematem i nie uwzględnia wielu szczegółów dotyczących sposobu zabezpieczenia silnika, budowy wyłącznika itp. W razie projektowania należy zasięgnąć rady specjalisty-
elektryka.

rys. 174. We wieńcu koła kwadransowego mechanizmu bicia 1, które obraca się raz na godzinę w kierunku strzałki, osadzony jest kołek 2. Gdy kołek ten, wskutek obrotu koła 1 znajdzie się na dole, wówczas naciska ramię 3, podnosząc przy tym ciężar-



Rys. 174. Urządzenie do samoczynnego włączania i wyłączania elektrycznego naciągu

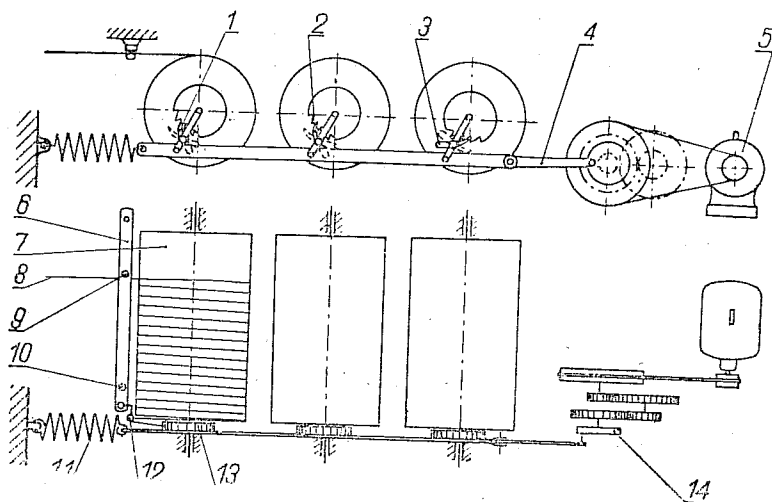
rek 6. Gdy podniesie go do takiej pozycji jak na rys. 174, wtedy zapadka 7 go podpira. W tym czasie koniec ramienia 4 wciska się między dwie sprężyny stykowe 5, wskutek czego obwód prądu się zamyka i silnik elektryczny zaczyna działać.

W końcu podciągania obciążnik dotyka ramienia 8, odsuwa zapadkę 7, ciężarek 6 opada, wskutek czego koniec ramienia 4 wysuwa się ze sprężyn stykowych 5, obwód prądu się przerywa i silnik staje.

c. Naciąg korbowodowy

Na rys. 175 przedstawiony jest schemat naciągu korbowodowego. W tym naciągu jest tylko jeden silnik, który włączany jest jednym z obciążników. Można tu zastosować taki wyłącznik, jaki opisaliśmy poprzednio (rys. 174). Silnik 5 (rys. 175) napędza koło korbowodowe 14 za pośrednictwem przekładni zębatej. Koło to porusza korbowód 4. Na prostowodzie zaś są umieszczone trzy zapadki 1, 2, 3. Zapadki te zazębiają się z ko-

łami zapadkowymi poszczególnych bębnow. Zapadka 3 pracuje w przeciwną stronę niż zapadki 1, 2. Ma to na celu równomierniejsze obciążenie silnika. Gdy pracuje tylko zapadka 3, korbowód za pośrednictwem prostowodu napręża sprężynę 11, która pomaga przy powrotnym ruchu korbowodu w działaniu dwóch zapadek. Głównym jednak zadaniem tej sprężyny jest odciągnięcie korbowodu po nakręceniu zegara, a tym samym oddalenie ostatniej zapadki 3 od zębów koła.



Rys. 175. Schemat naciągu korbowodowego

Przy takim urządzeniu przyjmujemy, że opad obciążników jest jednakowy, dlatego silnik może być włączany i wyłączany przez jeden z nich. Jest nieco trudniej, gdy wysokość, a więc i szybkość opadów są różne. Wówczas włączanie silnika odbywa się przez ten obciążnik, który opada najszybciej. Wyłączanie zaś podciągania tych obciążników, które szybciej są podciągnięte, odbywa się w sposób mechaniczny, np. przez linę 8, która z chwilą wcześniejszego nawinięcia się na bęben 7 zaczyna dociskać kołek 9 osadzony w przesuwным pręcie 6. Pręt ten przez

dźwignię kątową 12 odchyła zapadkę 1 osadzoną w prostowodzie, a tym samym wyłącza podciąganie obciążnika. W przęcie 6 znajduje się drugi kołek 10, o który — przed rozpoczęciem naciągu — opiera się lina 8 opuszczającego się obciążnika, wskutek czego włącza się zapadka 1.

Zaletą naciągu korbowodowego jest to, że jeden silnik wystarcza do trzech mechanizmów, oraz to, że można go zastosować do zegara z ręcznym naciągiem. Wadą zaś jest to, że podczas nakręcania zegara, zapadki, ślizgające się po zębach kół, powodują pewien hałas oraz wstrząsy całego mechanizmu.

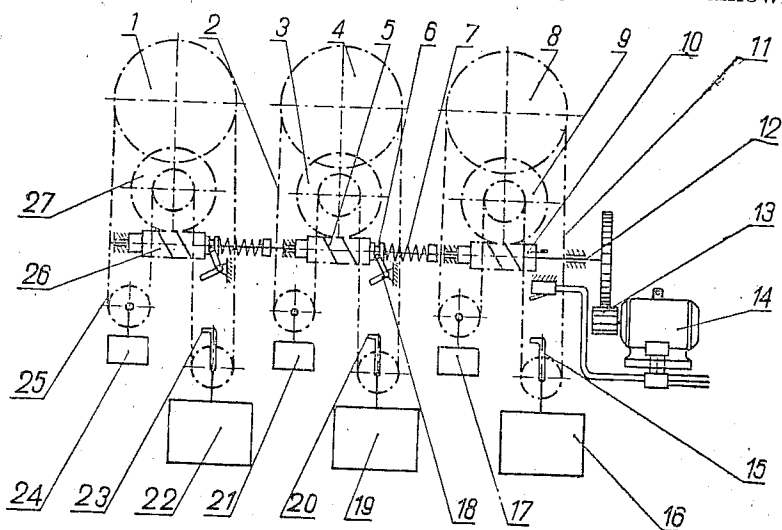
Naciąg tego rodzaju znajduje się właśnie w niepokalanowskim zegarze. Włączanie odbywa się stale o godz. 11 bez względu na poziom obciążników.

d. Naciąg ślimakowy

Spokojniej, bez wstrząsów i stuków, pracuje naciąg ślimakowy. Schemat tego naciągu widzimy na rys. 176. Silnik 14 włączany jest, np. co godzinę, wyłącznikiem stykowym z takim urządzeniem, jakie jest przedstawione na rys. 174. Na osi silnika 14 znajduje się zębnik 13 zazębiający się z kołem zębatym osadzonym na wałku 12, na którym znajdują się ślimaki 26, 5, 10 współpracujące ze ślimacznicami 27, 3, 9. Na osiach ślimacznic osadzone są koła łańcuchowe, przez które przechodzą łańcuchy drabinkowe 25, 2, 11 z umieszczonymi na nich obciążnikami 16, 19, 22 oraz ciężarkami naprężającymi 17, 21, 24. Łańcuchy te napędzają koła łańcuchowe 1, 4, 8 umieszczone zamiast bębnow na osiach napędowych.

Przyjmujemy, że naciąg jest włączony i silnik działa. Jeżeli opady obciążników wszystkich trzech mechanizmów byłyby jednakowe, to wystarczyłby wyłącznik przedstawiony na rys. 174, który zostałby wyłączony z chwilą, gdy wyłącznik 15 dotknąłby ramienia 8 (rys. 174). Jeżeli natomiast opady są nierówne, a chcemy, żeby każdy naciąg zatrzymywał się oddzielnie, to

musimy zastosować inne urządzenia. Wyłącznik 20 (rys. 176), osadzony na osi krążka, doszedszy do pewnej wysokości, natrafia na dźwignię kątową 18, która odsuwa sprzęgło 6 osadzone suwliwie na wałku 12, a dociskane sprężyną spiralną 7 do ślimaka 5 umieszczonego luźno na wałku 12. Z chwilą odsunięcia sprzęgła, ślimak 5 i obciążnik 19 zatrzymują się, a obciążnik nie opada, gdyż przekładnia ślimakowa jest samohamowna.



Rys. 176. Zespolony naciąg ślimakowy

W przeciwnym razie musi być zapadka. Sprzęgło 6 zazębia się na powrót ze ślimakiem, gdy obciążnik 19, na skutek pracy mechanizmu, nieco się obniży. Podobnie sprawa się przedstawia i przy obciążniku 22. Natomiast przy obciążniku 16, który musi być najdłużej podciągany, działa wyłącznik 15 przerywający obwód prądu (np. za pomocą wyłącznika przedstawionego na rys. 174) a tym samym wstrzymującym silnik.

Inny układ stosowany przy nierównomiernie opadających obciążnikach, polega na wyrównaniu czasu ich podciągania

przez zastosowanie indywidualnie do każdego z nich dobranej przekładni. Dokonuje się tego przez:

- a. dobór właściwej przekładni ślimakowej (ilość zębów ślimacznicy i zwojów ślimaka);
- b. dobór właściwej średnicy koła łańcuchowego (osadzonego na osi ślimacznicy);
- c. zastosowanie obydwu powyższych sposobów.

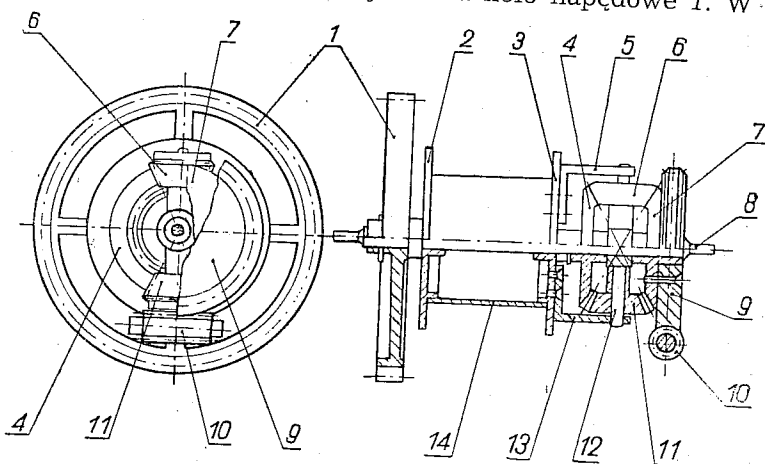
e. Naciągi różnicowe

W nowszych zegarach wieżowych najczęściej stosowane są naciągi różnicowe. Zasady działania przekładni różnicowych opisaliśmy przy pośrednim (różnicowym) napędzie wychwytu. Na rys. 177 przedstawiony jest naciąg z przekładnią różnicową o kołach stożkowych. Urządzenie to jest zmontowane przy bębnie. Koło napędowe 1, jak widzimy na przekroju, osadzone jest na osi 8 na stałe. Koło zapadkowe, zapadka lub przeciwapadka przy tym urządzeniu są zbędne. Obok koła napędowego 1 znajduje się bęben 14 z dwoma pokrywami 2 i 3, które osadzone są na osi 8 obrotowo. Do bębna przymocowane są mostki 5 i 13, a między nimi osadzona jest nieruchomo oś 12, przez którą przechodzi obrotowo oś 8. Równolegle do pokrywy bębna znajduje się koło stożkowe 4, osadzone — jak i koło napędowe — nieruchomo na osi 8. Sąsiednie koła stożkowe 6 i 11, zazębiające się z kołem stożkowym 4, są umieszczone obrotowo na osi 12. Ostatnie koło stożkowe 7, połączone ze ślimacznicą 9, osadzone jest razem z nią obrotowo na osi 8 i zazębia się z kołami stożkowymi 6 i 11. Ślimak 10 jest połączony z silnikiem elektrycznym. Ślimak ten napędza ślimacznicę 9.

Z chwilą gdy silnik zostanie włączony, wówczas ślimak 10 zaczyna się obracać i napędza ślimacznicę 9. Ta zaś przez koło stożkowe 7 porusza koła 6 i 11. Ponieważ koło stożkowe 4 połączone jest z kołem napędowym 1 za pośrednictwem osi 8, więc szybkość jego obrotów w czasie chodu zegara jest bardzo

mała. Dla dalszych rozważań, w porównaniu z szybkością innych części ruchomych, może ono być w przybliżeniu uznane za nieruchome, tworząc jak gdyby zębaty tor, po którym będą się toczyć koła 6 i 11. Spowoduje to obrót osi 12 i połączonego z nią bębna, który tym samym podciąga zawieszony na nim obciążnik.

Mimo obrotu bębna 14 koła stożkowe 6 i 11 wykonują dalej nacisk na koło 4, a tym samym i na koło napędowe 1. W ten



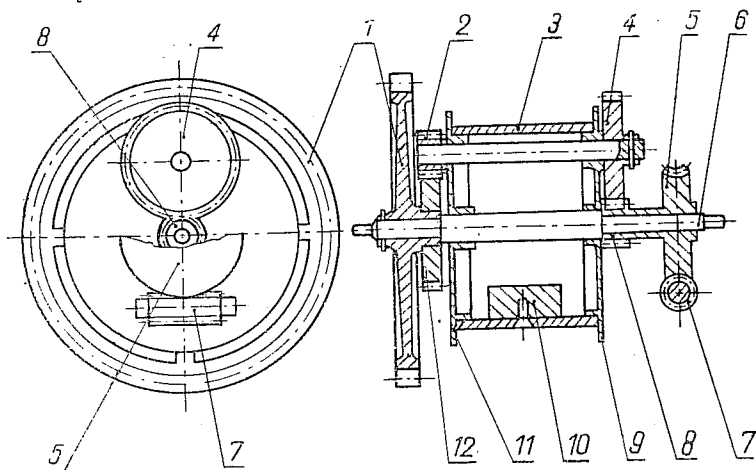
Rys. 177. Naciąg różnicowy o kołach stożkowych

sposób napęd mechanizmu w czasie nakręcania nie ulega przerwie, lecz trwa stale mimo obrotu bębna.

Po nakręceniu zegara silnik zostaje wyłączony, ślimak i ślimacznicza zatrzymują się, obciążnik działa w dalszym ciągu na bęben i obraca go, a z nim koła stożkowe 6 i 11. Koło 7 jest w tym czasie nieruchome, i jest oparciem dla kół 6 i 11, gdyż połączona z nim ślimacznicza nie może obrócić ślimaka (samohamownego).

Nieco odmienne urządzenie, chociaż o takiej samej zasadzie, przedstawia nam rys. 178. Jest to naciąg różnicowy o kołach walcowych.

Jak w poprzednim naciągu tak i tutaj koło napędowe 1 osadzone jest na osi 6 na stałe. Na piaście tego koła osadzone jest na stałe czołowe koło zębate 12. Bęben 3 obraca się luźno na osi 6. Pokrywy bębna 9 i 11 są w pewnych miejscach przewiercone, celem umieszczenia osi z osadzonymi na niej na stałe kołem obiegowym 4 i zębnikiem obiegowym 2. Zębniak 8 połączony jest ze ślimacznicą 5 i osadzony obrotowo na osi 6. Za-
zębiam się on z kołem obiegowym 4.



Rys. 178. Naciąg różnicowy o kołach walcowych

Podczas nakręcania ślimacznica 5 obraca się, a z nią zębniak 8, poruszający koło obiegowe 4 i zębniak obiegowy 2. Ponieważ koło zębate 12 łącznie z kołem napędowym 1 stoi prawie nieruchomo, przeto zębniak obiegowy 2 obiega wówczas koło 12 pociągając za sobą bęben 3 i podciągając tym samym obciążnik umocowany na linie nawijającej się na bęben.

Podczas chodu zegara i opuszczania się obciążnika zębniak 8 ze ślimacznicą 5 są nieruchome, wskutek czego koło obiegowe 4 i zębniak obiegowy 2 muszą się obracać, zmuszając tym samym czołowe koło zębate 12 z kołem napędowym 1 do obrotu.

Włączanie i wyłączanie silnika odbywa się podobnie, jak to opisano przy poprzednich naciągach. Dla bezpieczeństwa można zastosować jeszcze wyłączniki zapasowe nad obciążnikami, aby w razie zepsucia się głównego wyłącznika silnik nie wyciągnął obciążnika aż do krążka i nie zerwał liny (jak to się stało niedawno na wieży kościoła ewangelickiego w Łodzi).

Zaletą naciągów różnicowych jest to, że urządzenia te nie mają zapadek i przeciwapadek, wskutek czego cicho i równomiernie pracują. Ujemną zaś ich stroną bywa to, że gdy czasem prądu nie ma i trzeba zegar ręcznie nakręcać, wówczas musi się korbą wykonać dużo więcej obrotów, aniżeli przy naciągu zwykłym.

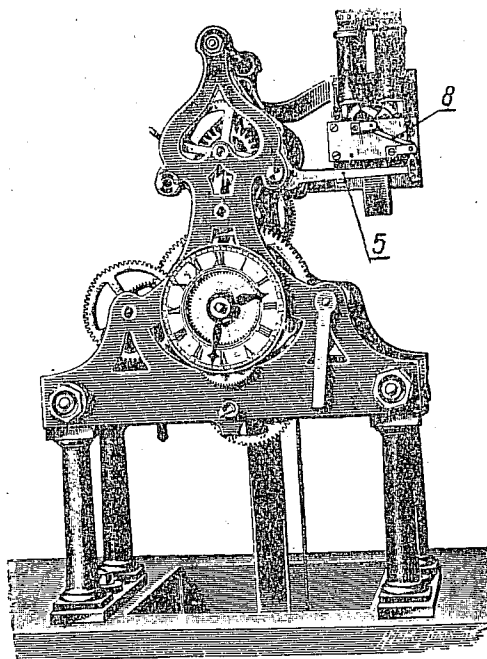
2. Wyzwalacze elektryczne

W obecnych czasach coraz bardziej wchodzi w użycie zegary elektryczne. Są one o tyle lepsze, że od jednego zegara głównego można uruchomić wiele zegarów tzw. wtórnych (bocznych)¹⁾. Jednak zegary wtórne nie mogą być stosowane jako zegary wieżowe, szczególnie z dużymi wskazówkami, gdyż jest niebezpieczeństwo przesuwania wskazówek przez wiatr lub ptaki. Dlatego też w niektórych ośrodkach fabrycznych lub miastach, gdzie są zegary elektryczne, a jednocześnie jest zegar wieżowy, można spotkać przerobiony mechanizm zegara wieżowego połączony z zegarem wtórnym. Zegar ten spełnia w mechanicznym zegarze wieżowym jedną z funkcji wychwytu (wyzwalanie mechanizmu chodu) i dlatego nazywamy go *wyzwalaczem elektrycznym*. Zegar taki przedstawiony jest na rys. 179.

Przeróbkę taką przeprowadza się w ten sposób, że ze starego mechanizmu zegara wieżowego usuwa się tylko kotwicę i wa-

¹⁾ Właściwe zegary wtórne opiszemy szczegółowo w jednej z dalszych części „Zegarmistrzostwa“, która będzie poświęcona zegarom elektrycznym.

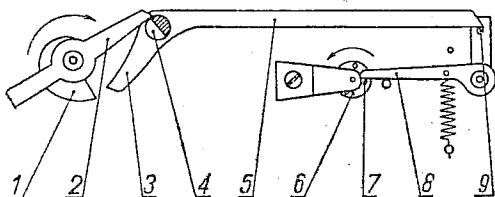
hadło, tak jednak, żeby w razie potrzeby w każdej chwili można je było włączyć na swoje miejsce. Przy zegarze umocowuje się silny zegar wtórny (boczny), który zastępuje wychwył. Schemat połączenia tych zegarów widzimy na rys. 180. Na osi zaś koła wychwyłowego zegara wieżowego osadza się ramię 2 z krzywką 1.



Rys. 179. Mechaniczny zegar wieżowy z wyzwalaczem elektrycznym

Ramię to spoczywa na wyciętym do połowy wałku 4, na którym osadzone jest ramię wyłączeniowe 5. Dzięki impulsom zegara głównego przesyłanym co minutę, obraca się tarczka 6 zegara wtórnego, wskutek czego posuwa się jeden z czterech kołków 7 i podnosi ramię 8. Wskutek tego w danym momencie ramię 5 opada i zwalnia ramię 2. W tym czasie koło wychwyłowe zegara wieżowego robi jeden obrót i wskazówki posuwają się o minutę.

Równocześnie krzywka 1 działa na koniec ramienia 3, wskutek czego ramię 5 podnosi się z powrotem do góry, opierając się na kołku spoczynkowym 9. W tym czasie ramię 2 opiera się na wałku 4 i mechanizm zegara się zatrzymuje aż do następnego impulsu.



Rys. 180. Schemat połączenia wyzwalacza z mechanizmem zegara wieżowego

Opisany sposób przeróbki można zastosować ściśle tylko do takich zegarów, w których koło wychwytowe wykonuje jeden obrót na minutę. W innym przypadku konieczna byłaby dodatkowa przekładnia.

Do osi koła wychwykowego dodaje się wiatrak, aby przy cominutowych obrotach mechanizmu łagodzić jego ruch i „skoki“ wskazówek. Zamiast wiatraka może być zastosowany również inny hamulec.

Mechanizm chodu tych zegarów musi być nakręcany w swoim czasie, tzn. codziennie lub co tydzień.

Jeżeli u takiego zegara są mechanizmy bicia, to są one również w swoim czasie włączane i biją normalnie.

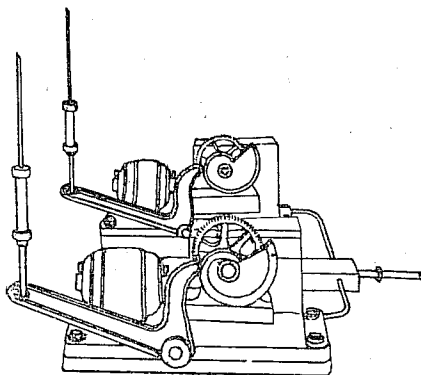
Bywają także nieco inne odmiany elektrycznego wyzwalacza, który może być połączony z mechanizmem zegarowym za pośrednictwem łańcucha drabinkowego lub pędni (wałka przegubowego). Może też być przymocowany bezpośrednio do szkieletu zegara w ten sposób, że oś koła wychwykowego jest połączona z odpowiednią osią wyzwalacza elektrycznego.

Spotyka się czasem urządzenia, które w razie przerwania prądu włączają wychwyty i regulator mechaniczny umożliwiając chód zegara. Jeżeli zastosowanie takiego automatu jest utrudnione, używa się aparatu alarmowego, który sygnalizuje

brak prądu dźwiękiem w odnośnym lokalu, wzywając do ręcznego włączenia wychwyty i regulatora mechanicznego.

3. Młotki elektryczne

Oprócz elektrycznych naciągów mechanizmów bicia bywają również elektryczne urządzenia do poruszania młotków wybijających kwadransy i godziny. Urządzenie takie widzimy na rys. 181. Silniki elektryczne, włączane w odpowiedniej chwili przez wyłączniki znajdujące się przy mechanizmie chodu, obracają krzywki, które działają na dźwignie bicia i powodują uderzenia młotków.



Rys. 181. Elektryczny mechanizm poruszający młotki

Urządzenia te mogą być włączane przez koło zapadowe mechanizmu bicia albo przez urządzenie grzebieniowe. Włączanie od koła zapadowego jest prostsze, jednak na wypadek nieco dłuższej przerwy w prądzie i ponownym uruchomieniu, ilość uderzeń nie będzie się zgadzała ze wskazaniami na tarczy. Przy włączeniu od grzebieniowego mechanizmu bicia może być najwyżej jedno bicie niewłaściwe, a następne będą zgodne ze wskazaniami na tarczy.

Stosuje się takie urządzenia do wybijania godzin i półgodzin, a więc z jednym dzwonem i jednym silnikiem, jak również do

wybijania kwadransów, a więc z dwoma dzwonami i dwoma silnikami. W tych urządzeniach stosuje się przeważnie wyłączniki rtęciowe.

N. INSTALOWANIE ZEGARÓW WIEŻOWYCH

1. Wybór fachowca

Zdarza się niejednokrotnie, że do instalowania zegara wieżowego biorą się ludzie niezupełnie obznajomieni nie tylko z zegarami wieżowymi, ale i w ogóle z zegarmistrzostwem. Wydaje się im, że z tak dużymi częściami składowymi łatwo sobie dadzą radę, tym więcej że i kowalstwa trochę znają, i ślusarstwo gdzieś praktykowali, a nawet pomogli zmontować kilka zegarów wieżowych.

Pożądane więc jest, nie tylko dla przyszłego użytkownika zegara, ale i dla zegarmistrza lub wytwórcy zegara, sporządzenie umowy, w której byłyby wyraźnie zaznaczone niżej podane punkty. Umowa z takimi warunkami dla fachowca będzie nawet korzystna, niefachowca zaś odstraszy od psucia zegarów.

Względy te nie powstały w samej tylko wyobraźni autora ani pod wpływem jakiejś literatury, lecz pochodzą z praktyki. W okresie pisania tej książki oglądaliśmy dosyć dobry zegar na katedrze w jednym z miast wojewódzkich. Zegar ten, zainstalowany przez niefachowego montera, po uruchomieniu i kilkumiesięcznym regulowaniu robił codziennie wielominutowe różnice i mylnie wybijał godziny. Do podciągania przesadnie wielkich obciążników tego zegara potrzeba było dużej siły. Oświetlenie tarcz też nie było właściwe, tak że nawet z niewielkiej odległości od katedry nie można było odczytać godziny. Jeden z księży kanoników tej katedry wyraźnie zaznaczył: „Jeśli chcecie widzieć dobry zegar, to naszego nie oglądajcie“.

A oto warunki, które warto w umowie uwzględnić:

1. Ilość, wymiar, rodzaj i wykonanie tarcz.
2. Sposób bicia godzin i kwadransów, rodzaje dźwięków i wysokość tonów.
3. Zgodność bicia ze wskazaniami, np. tak, aby pierwsze uderzenia kwadransów oznaczało 15, 30 i 45 minutę, a pierwsze uderzenie godzinowe — daną godzinę.
4. Sposób oświetlenia tarczy z zaznaczeniem, z jakiej odległości ma ona być widoczna i ile na to oświetlenie zużyć się będzie prądu.
5. Wymiary wskazówek, cyfr lub kres i innych znaków oraz materiały z jakich one będą wykonane.
6. Rodzaj wychwytu.
7. Częstość i sposób nakręcania zegara, a przy elektrycznym naciągu przewidziane zużycie prądu.
8. Zabezpieczenie przed urwaniem się liny i na wypadek urwania.
9. Instrukcje nakręcania, regulowania i oliwienia zegara.
10. Zainstalowanie przy mechanizmie tarczy kontrolnej.
11. Szczegóły wykonania oszklonej obudowy.
12. Gwarancja długości chodu bez czyszczenia. (Fabryki zagraniczne dawały przeważnie 3-letnią gwarancję, natomiast fabryka krośnieńska 5-letnią). Wszelkie usterki jakie powstałyby w tym okresie czasu wskutek niedokładnego zmontowania zegara lub wadliwych materiałów, fabryka zobowiązuje się usuwać na swój koszt.
13. Dokładność chodu z różnicą nie większą niż 3 minuty na tydzień zależnie od jakości zegara, a zwłaszcza od rodzaju wychwytu. (Bywają zegary dobrej konstrukcji i należyte zainstalowane, które przy odpowiedniej obsłudze nie robią więcej różnicy niż kilka sekund na tydzień).

Szczegóły każdego punktu mogą być ustalone na podstawie praktyki i opisów zawartych w powyższych rozdziałach. Zagadnienia zaś finansowe nie są tematem tej książki.

2. Wybór miejsca

Architektoniczne usytuowanie mechanizmów zegarów wieżowych pozostaje w dalszym ciągu niedoceniane i traktowane drugorzędnie, wskutek czego spotykamy je umieszczone w różnych szczupłych i nieoświetlonych zakamarkach wież i poddaszy kościołów czy innych budowli. Wytwórcy zegarów wieżowych również nie wysilają się na udogodnienie konstrukcyjne, by łatwo taki zegar można było konserwować, naprawiać i wymieniać części. Dlatego zegarmistrze, gdy zachodzi choćby drobna poprawka przy takim zegarze, muszą pokonywać sporo trudności, włożyć dużo pracy i stracić wiele czasu.

Należałoby więc jeszcze przed rozpoczęciem danej budowli z wieżą zdecydować się na rodzaj zegara, który na niej będzie umieszczony, aby architekt z wytwórcą zegara mógł uzgodnić szczegóły związane z montażem i konserwacją czasomierza. Chodzi tu bowiem nie tylko o umiejscowienie samego mechanizmu, ale również sprawa tarczy i dzwonów powinna być zawsze rozpatrzona i uzgodniona. W ten sposób uniknie się wielu późniejszych niedogodności, a nawet przeróbek i kosztów. Brzmi to może nieco przesadnie, jednak wytwórcy zegarów, instalatorzy i konserwatorzy (zegarmistrze) to potwierdzają.

Niektórzy architekci utrzymują, że tarcza zegara psuje artystyczny wygląd wieży. Twierdzenie to jest o tyle prawdziwe, o ile tarcza będzie niewłaściwie dobrana. Jednak według ogólnej opinii tarcza o właściwym wyglądzie, ustawiona należycie i w odpowiedniej proporcji, dodaje wieży wiele piękna. Oprócz tego zegary wieżowe, a szczególnie dźwięki wybijanych godzin przypominają ludziom o biegnącym czasie i czekających obowiązkach.

W jednej z publikacji znajduje się na ten temat charakterystyczne zdanie specjalisty w tej dziedzinie:

„Właściwą ozdobą wieży jest zegar. Powinien jednak być tak umieszczony, by nie psuł harmonii i stylu. Zegar

jest tak samo potrzebny jak dzwony, ponieważ w kościele w pewnych godzinach odprawiają się nabożeństwa. Punktualność i porządek powinny wszędzie panować, a tym bardziej w kościele. Wieża bez zegara w czasach dzisiejszych, to jak dzwonnica bez dzwonów“.

Na ustawienie obudowy z zegarem nadają się najlepiej niższe kondygnacje wieży, które zaopatrzone są szczelnymi oknami, a zwłaszcza to miejsce przy ścianie, które jest wolne od schodów, aby — pomijając nawet sprawę drgań i wstrząsów — było swobodne miejsce na przeprowadzeni w górę pędni i ciągien.

Jeżeli zaś zegar ma tylko jedną tarczę, to mechanizm stawiany jest pod tą ścianą, co i tarcza, aby uniknąć niepotrzebnych komplikacji w pędniach do wskazówek.

Jest jeszcze jeden powód umieszczania zegarów pod ścianą wieży, mianowicie ten, że w środku wieży znajdują się zwykle otwory, którymi wciaga się dzwony.

Miejsce ustawienia zegara powinno być sucho utrzymane. Mimo że mechanizm zegara jest w obudowie, nad którą zwykle znajduje się dodatkowy sufit (strop), to jednak w górnych oknach wieży powinny być również żaluzje. Mogą one być tak urządzone, żeby nie dopuszczały opadów atmosferycznych do wnętrza. Widzimy to na rys. 18, na którym żaluzje, tak blaszane jak i drewniane, są na wewnętrznych krawędziach wychylone do góry.

Nie należy również montować zegarów w pobliżu dzwonów, gdyż wskutek drgań powietrza wznosi się kurz i zanieczyszcza mechanizm.

Mechanizmy zegarów w drewnianych wieżach umieszczane są zwykle niżej, ażeby uniknąć zakłóceń w ruchu wahadła pod wpływem kołysania się wieży. Wychylanie to wpływa ujemnie na izochronizm wahadeł. Stwierdzono np., że szczyt pewnego komina fabrycznego, o 16-metrowej średnicy u podstawy, a 100-metrowej wysokości, nawet gdy nie ma wiatru, opisuje rytmicznie elipsę, której wielka oś ma aż 18 cm. Przy wietrze

zaś amplituda tych wahań odpowiednio wzrasta. Podobnie dzieje się to i z wieżami, zależnie od ich wysokości.

Pierwszym warunkiem regularnego chodu zegara wieżowego jest to, żeby mechanizm chodu miał solidny fundament i możliwie sztywną podstawę. W zasadzie więc fundament zegara powinien być obliczony na przynajmniej pięćdziesięciokrotną wytrzymałość, aby w ten sposób zmniejszyć drgania do minimum.

Najgorsze umieszczenie dużego zegara jest wtedy, gdy fundament składa się z belek i desek wbudowanych w górną część wieży. Umieszczony tam zegar mechaniczno-wahadłowy nie będzie dokładnie chodził.

Miejsce na mechanizm zegara powinno być wybierane możliwie najniżej na murowanych wystęпах ścian wieży. Jeżeli trudno o taki występ, to już lepsze są silne żelazne wsporniki wbudowane w ścianę.

Zegar westminsterski znajduje się w oszklonym pokoju, na masywnej betonowej posadzce, na której znajdują się dwie grube płyty żelazne wmurowane w ścianę. Naturalnie, w okolicach, gdzie panują orkany i trzęsienia ziemi, i te zabezpieczenia nie zawsze chronią zegar od wstrząsów. Dlatego też, np. zegary astronomiczne umieszczane są w piwnicach. Oprócz tego miejsce na zegar powinno być tak wybrane, żeby jego mechanizm z każdej strony był dostępny.

Należy się również starać, aby ta część wieży, w której umieszczone jest urządzenie zegarowe, była w miarę możliwości stale zamknięta, mianowicie dlatego, aby niepowołane osoby nie mogły tam mieć dostępu. Zdarzyć się bowiem może, że niektóre części zegara mogą być uszkodzone przez młodocianych dzwonników. Jeżeli takiego zamknięcia nie ma przy drzwiach wieży, to należy zamykać przynajmniej obudowę mechanizmu zegara.

Instalacja urządzenia zegarowego i kurantowego na Jasnej Górze jest w ten sposób rozplanowana, że od parteru wieży do

mechanizmu zegara odległość wynosi 41 m, stąd do mechanizmu grania 29 m, a do dzwonów dalsze 20 m, czyli że wysokość umieszczenia dzwonów wynosi około 90 m od podnóża wieży. Ponieważ Jasna Góra dominuje nad całą okolicą, nic więc dziwnego, że dźwięki jasnogórskiego zegara słychać daleko.

3. Wybór mechanizmu

Na ogół większość fundatorów zegarów wieżowych wyraża życzenie, by po nakręceniu miały one dłuższy niż jednodniowy chód. Zaoszczędza to bowiem fatygi i kosztów codziennego chodzenia na wysokie nieraz wieże. I rzeczywiście, biorąc pod uwagę dłuższy okres czasu i koszt codziennej obsługi, taniej wypadła budowa zegara o cotygodniowym naciągu.

Jeżeli jednak względy te nie wchodzą w rachubę (np. w kościołach, gdzie dzwonnik i tak musi wychodzić na wieżę i tylko przy okazji zegar nakręca), to oczywiście zegar ośmiodniowy nie kalkuluje się. Jest on bowiem droższy od zegara o codziennym naciągu o 25 do 50%, zajmuje więcej miejsca, ma o jedno koło i zębnik więcej, znacznie cięższe obciążniki, dłuższe liny, a w związku z tym konieczność stosowania wielokrażków. Niebezpieczeństwo w razie urwania się obciążników jest również większe.

Wielkość zegara wieżowego z biciem obliczana jest zwykle w zależności od ciężaru dzwonów, a ciężar dzwonów od odległości, na jaką ich dźwięk ma być słyszany. Słyszalność dźwięków dzwonów jest zależna od ich wielkości oraz od wysokości, na jakiej się znajdują. Oczywiście, że dźwięki te są uzależnione także od kierunku wiatru, hałasu ulicznego, położenia względem gór, dużych budynków lub lasów, które te dźwięki tłumią (pochłaniają).

Jednak im większe są dzwony, tym cięższe muszą być zastosowane młotki, a tym samym i silniejszy mechanizm, który te młotki porusza. Z tego względu zegary wieżowe wykonywane

są w różnych wielkościach. Między wielkością dzwonu a średnicą koła napędowego mechanizmu dźwięku, zachodzi pewien stosunek.

Jedna z fabryk dawała do wyboru swoim odbiorcom osiem wielkości zegarów mechanicznych, które podajemy w tabelce.

Tabelka zegarów wielkich

Wielkość	C h ó d													
	30-godzinny						8-dniowy							
	Koło napęd.		Tarcze		Ciężar		Po- trzeb- ny opad m	Koło napęd.		Tarcze		Ciężar		Po- trzeb- ny opad m
	Ø	ilość	Ø		dzwo- nu	obciąż- nika		Ø	ilość	Ø		dzwo- nu	obciąż- nika	
cm		cm		kg	kg	cm		cm		kg	kg			
1	11	2	50		20	8	4	16	2	50		20	15	5
2	16	2	90		75	10	5	21	2	90		75	25	6
3	21	2	140		300	23	6	26	4	125		300	35	7
4	26	4	160		700	35	7,5	32	4	160		600	50	8
5	32	4	200		1200	45	8	36	4	200		900	65	9
6	36	4	250		2000	60	9,5	42	4	250		1200	85	12
7	42	4	300		3000	80	12	47	4	300		1700	110	15
8	47	4	400		5000	110	14	60	4	400		3000	150	18

Celem sporządzenia dokładnego kosztorysu zegara wieżowego w zależności od warunków miejscowych, niektóre fabryki przy zamawianiu zegara żądają odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy zegar ma być nakręcany raz na dzień, czy raz na tydzień?

2. Ile jest miejsca na opad obciążników? Czy obciążniki mogą się zwieszać bezpośrednio od zegara, czy też liny trzeba będzie przeprowadzić przez wielokrążki?

3. Jeżeli w danej miejscowości jest prąd elektryczny, to czy może być urządzony naciąg automatyczny? Jaki więc jest tam prąd, stały czy zmienny, i o jakim napięciu?

4. Czy zegar ma wybijać kwadranse i całe godziny na dwóch lub trzech dzwonach, czy też tylko godziny i półgodziny na jednym dzwonie?

5. A może są inne życzenia co do bicia, np. powtarzanie godzin przed biciem kwadransów lub po nich, albo powtarzanie godzin po uderzeniach godzinowych itp.?

6. Czy dzwony do bicia są na miejscu? Jeśli tak, to czy używane są także do dzwonienia? Jak wielka jest średnica dzwonów przy dolnym brzegu? Czy mają być dostarczone nowe dzwony spiżowe, czy tylko żeliwne, a może tylko rury?

7. Z jakiego materiału ma być zbudowany szkielet do dzwonów: z żelaza czy z drewna?

8. Ile potrzeba tarcz, jakiej średnicy i jakiego koloru? Czarne cyfry na białym tle, czy połączone cyfry na ciemnym tle?

9. A może tarcze wykonane będą na murze w sposób nowoczesny (mozaika, „sgraffito“ lub inne).

10. Czy w nocy tarcze mają być widoczne i jaki sposób oświetlenia byłby pożądanym?

11. Jak wysoko znajdowałby się środek tarczy nad powierzchnią ziemi? Jak wysoko nad miejscem umieszczenia mechanizmu zegarowego?

12. Czy na miejscu przeznaczonym na tarczę znajduje się otwór w ścianie wieży? A jeśli tak, to jak duży jest ten otwór i jak gruby jest mur w tym miejscu? A może mechanizm zegara można umieścić na równej wysokości z tarczami? Jak daleko poniżej tarczy znajduje się najbliższe belkowanie, na którym można by było umieścić zegar?

13. Czy pędnia do wskazówek może być przeprowadzona środkiem wieży bez przeszkód ze strony dzwonów czy rusztowań?

14. Czy pożądanym jest urządzenie kurantu (zegara grającego), a jeśli tak, to jakie melodie powinien wygrywać?

15. Czy zegar ma grać raz na dobę, czy raz na godzinę? Za pomocą dzwonów czy tylko metalowych rur?

16. Jeżeli kościół ma dwie wieże, czy jest pożądane, by zegar wskazywał godziny na obydwóch wieżach?

Przy zamówieniu zegara pożądany jest widok wieży ewentualnie pocztówka z widokiem. Oprócz tego byłby bardzo pożądany choćby odręczny szkic wnętrza wieży z wymiarami: wewnętrznej wysokości, szerokości, miejsca, gdzie miałyby być umieszczona tarcza, grubości murów przy tarczy, wielkości otworu dla tarczy, miejsca umieszczenia dzwonów, jeżeli się tam już znajdują itp.

W przypadku, gdy fundatorzy zegara nie mogą dać odpowiedzi na ważniejsze pytania, instalujący wysyła fachowca, który po rozejrzeniu się na miejscu doradzi później najodpowiedniejszy typ zegara i przedstawi kalkulację.

W przewidywaniu i kalkulowaniu kosztów instalacji zegara wieżowego należy wziąć pod uwagę, że *koszt montażu* zwykle wynosi 15—20% ceny mechanizmu zegarowego łącznie z pędną, rozrządem, tarczą i wskazówkami.

O. URZĄDZENIA SYGNALIZACYJNE

Z zegarem zainstalowanym na wieży kościelnej lub na innym budynku publicznym mogą być połączone jeszcze inne urządzenia, jak np.:

1. Mechanizm do samoczynnego włączania i bicia w dzwon o różnych porach dnia i w różnych godzinach zimy czy lata.
2. Aparaty sygnałowe dla zakładów, szkół i fabryk, które na takie dźwięki zaczynają i kończą swą pracę. Dźwięki te można ustalać co kwadrans lub co pół godziny.
3. Przyrząd do samoczynnego włączania i wyłączania elektrycznego oświetlenia tarczy.
4. Kilka tarcz dodatkowych.

III. ZEGARY DWORCOWE I ULICZNE

A. OPISY OGÓLNE

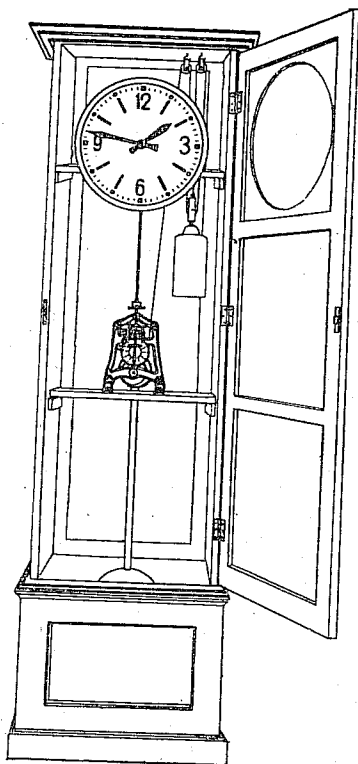
W obecnych czasach mechaniczne zegary dworcowe lub uliczne spotyka się bardzo rzadko. Miejsce ich zajmują zegary elektryczne, które najlepiej się tu nadają ze względu na łatwe stosowanie większej ilości zegarów wtórnych lub synchronicznych oraz łatwiejszą obsługę i konserwację. O tych zegarach będzie mowa w dalszych częściach „Zegarmistrzostwa“, przy zegarach elektrycznych.

W tych zaś okolicach, gdzie brak jest stałego dopływu prądu, stosuje się jeszcze i dziś na dworcach zegary mechaniczne. W tym wypadku mechanizm zegara zainstalowany jest zwykle w jednej z sal dworcowych, a od niego rozchodzą się pędnie napędzające wskazówki na tarczach rozmieszczonych w różnych punktach, np. na peronie, w poczekalni itp.

Zegar, który przedstawia rys. 182 napędzany jest obciążnikiem podciągany co osiem dni. Mechanizm tego zegara, chociaż jest nieduży, jest jednak silny. Wszystkie jego koła są masywne, frezowane z twardego, walcowanego (nielanego) mosiądzu. Zębniaki są pełne, hartowane i polerowane. Zaopatrzony jest także w zapadkę i przeciwzapadkę. Zegar ten ma precyzyjny wychwyty Grahama, wahadło sekundowe z drewnianym prętem i ciężką soczewką oraz dokładnie wykonane pędnie do wskazówek. Przy wałku kotwicy ma urządzenie do ustawienia chodu. Jest tu również łatwość nastawiania wskazówek w czasie

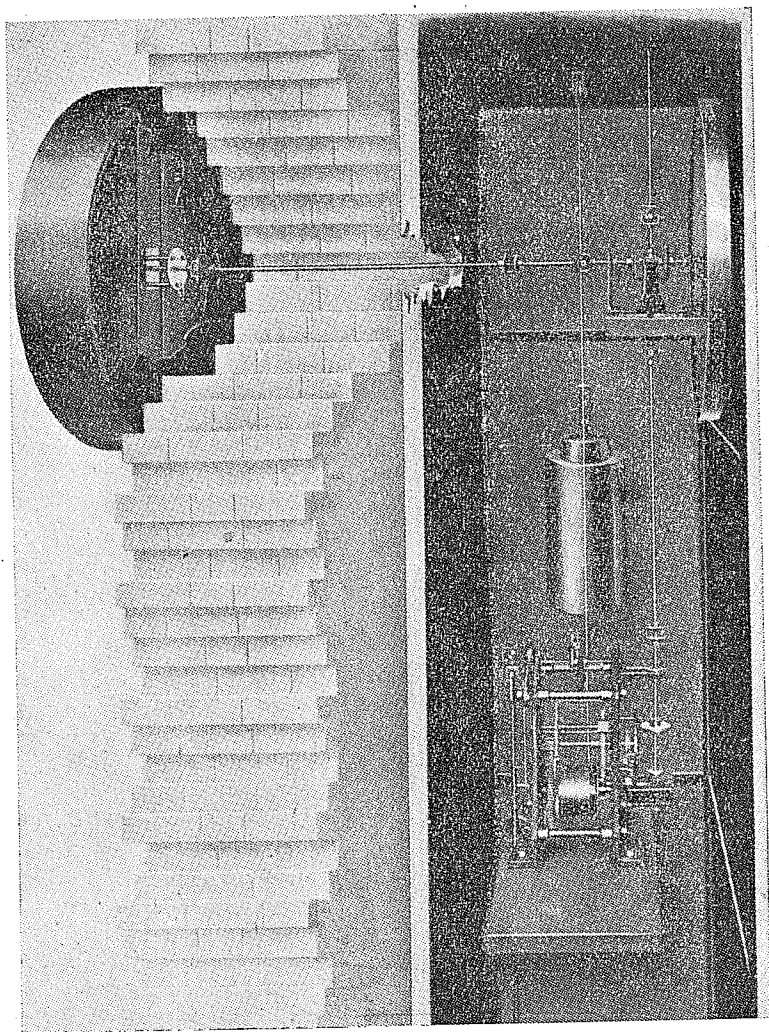
chodu tak na zegarze jak i na poszczególnych tarczach dodatkowych.

Tarcze dodatkowe połączone są z opisany mechanizmem zegara za pomocą pędni, które rozchodzą się zwykle od rozrządu umieszczonego za tarczą zegara.



Rys. 182. Mechaniczny zegar dworcowy

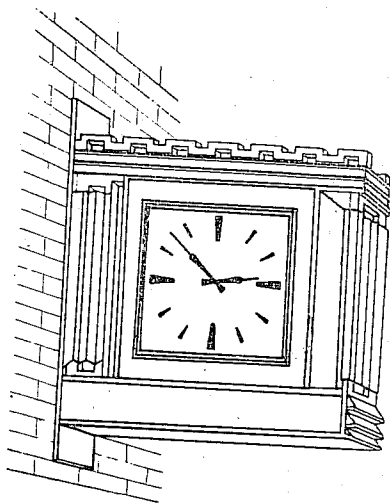
Pędnie, widoczne na rys. 183, wychodzą od rozrządu na prawo do tarczy zegara, na lewo do dodatkowej tarczy, np. na peron, i w górę do innego lokalu do umieszczonej tam tarczy. W ten sposób może być połączona większa ilość tarcz. Tarcze te mogą



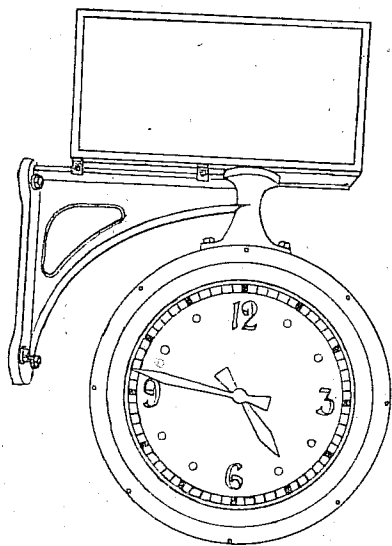
Rys. 183. Mechaniczny zegar dworcowy z rozrzędem do innych tarcz

być jednostronnie oświetlone od wewnątrz lub nie oświetlone, dwustronnie oświetlone lub nie, albo też dwustronnie ustawione do siebie pod kątem 30° i również oświetlone albo nie.

Tarcze mogą być różnie umocowane. Umieszczone np. w holu stacyjnym, mogą być zawieszane na łańcuchach lub na rurze.



Rys. 184. Zegar uliczny z miejscem u dołu na reklamę

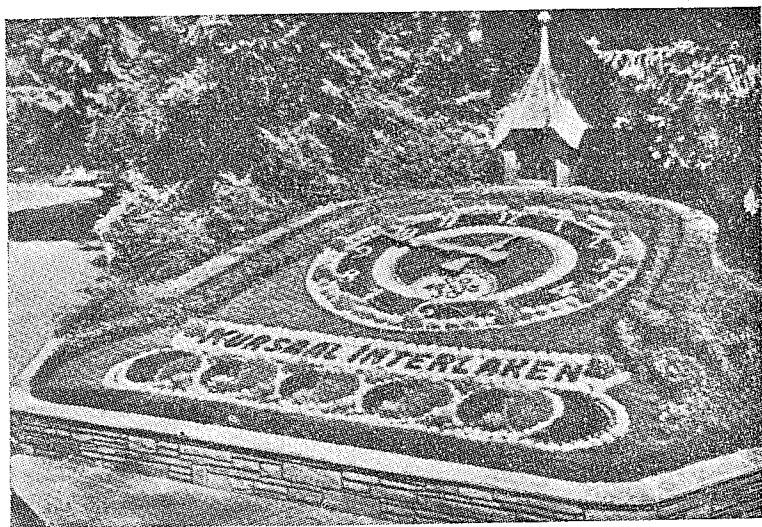


Rys. 185. Zegar uliczny z górną gablotką reklamową

Tarcze te bywają wykonane mniej lub więcej ozdobnie; zwykle jednak są metalowe. Przekładnia wskazań jest jeszcze w dodatkowej pokrywie, tak że w razie potrzeby można ją wyjąć łącznie z tarczą bez demontażu całej obudowy.

Podobnie przedstawia się sprawa z zegarami ulicznymi. Mechanizm zegara znajduje się w budynku, a pędnia przeprowadzona jest przez mur do tarczy umieszczonej na widocznym miejscu ulicy. Umocowanie tarczy może być różne: bezpośrednio do ściany, jak na rys. 184, albo na wsporniku, jak na rys. 185. W takim wypadku często dodawana jest na wsporniku szklana i oświetlona gablotka z napisem danej instytucji.

Spotyka się jeszcze, np. na skrzyżowaniach ulic lub na placach, trzy- lub czterostronne zegary uliczne ustawione na specjalnych słupach. Zegary te mają zwykle szklane, matowe tarcze, oświetlone od wewnątrz elektrycznie.



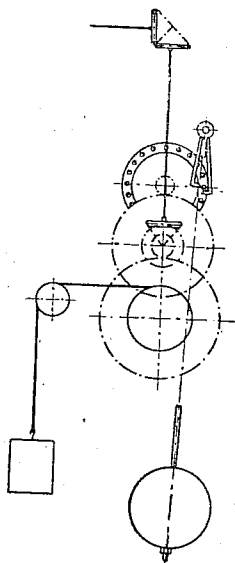
Rys. 186. Zegar parkowy

Inny rodzaj zegara publicznego widzimy na rys. 186. Jest to zegar parkowy w jednym z miast szwajcarskich. Nie tylko cała tarcza tego zegara ułożona jest z rosnących kwiatów, ale także i cyfry sekund. We wieżycze za tarczą są dzwony, połączone z mechanizmem zegara, na których wydzwaniane są kwadransy i godziny. Podobny zegar parkowy jest także w Ciechocinku.

1. Mechanizmy

Do napędu zegara publicznego (bez bicia) wystarczy nieduży mechanizm, który zmieścić się może w niewielkiej szafce.

Taki mechanizm widzimy na rys. 182. Mechanizm ten ma najczęściej wychwyty Grahama. Bywają jednak stosowane i wychwyty nożycowe. Schemat zegara publicznego z wychwytem nożycowym przedstawiony jest na rys. 187. Zegar taki posiada firma Bojarski w Krakowie przy ul. Floriańskiej 4.



Rys. 187. Schemat zegara publicznego z wychwytem nożycowym

Jeżeli zaś przewidziana jest tylko jedna lub dwie tarcze o średnicy np. 50 cm, to wystarczy nawet mechanizm zegara ściennego z odpowiednimi wzmocnieniami. Mechanizmy takie mają zwykle ośmiodniowy chód i mogą być przytwierdzone do ściany.

W lokalach zamkniętych są zwykle stosowane zegary z jedną lub dwiema tarczami. Zegary zaś zewnętrzne spotyka się również z trzema lub czterema tarczami.

Poruszanie wskazówek na zegach kilkutarczowych różnie bywa rozwiązane. Jedne wytwórnice stosują do każdej tarczy oddzielny mechanizm. Jest to rozwiązanie najdroższe i mające tę niedogodność, że każda tarcza może wskazywać inny czas.

Drugi, częściej stosowany sposób polega na połączeniu z jednym mechanizmem dwu tarcz, w których wskazówki są odwrotnie sterowane.

Najczęściej wreszcie tak bywa, że jeden mechanizm porusza wskazówki na wszystkich tarczach. Mechanizm ten mieści się w szafce, a rozrząd napędza przekładnie wskazań przy poszczególnych tarczach, podobnie jak to jest u zegarów wieżowych. W ten sposób na wszystkich tarczach jest zawsze czas jednakowy. Co prawda w takim wypadku musi być mechanizm większy, ale gospodarczo i technicznie jest to najlepsze rozwiązanie.

Jeżeli mechanizm napędzany jest obciążnikiem zawieszonym na linie lub strunie, to lina powinna odwijać się z walca w ten sposób, że im więcej obciążnik się obniża, tym bardziej powinien oddalać się od pręta i soczewki wahadła. Przy zbytнім zbliżaniu się obciążnika do wahadła następują ich współwahnięcia, wskutek ruchu powietrza, co oczywiście ujemnie wpływa na regularność chodu, a zwłaszcza wtedy, gdy przy większym opadzie obciążnika, wahania te stają się prawie jednakowe.

2. Pędnie

U zegarów dworcowych, których pędnia składa się z cienkich wałków i prowadzi wzdłuż ścian lub pod sufitem, mogą być stosowane mniejsze łożyska kulkowe niż u zegarów wieżowych. Łożyska te mogą być przymocowane do ścian lub do sufitu.

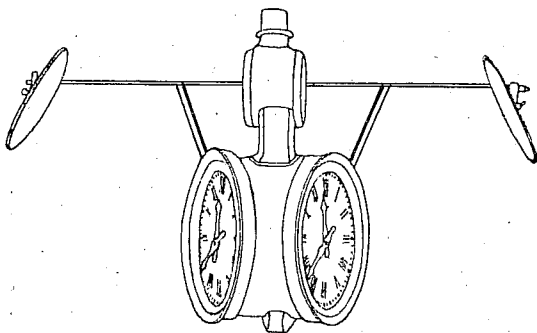
Obserwując nowozainstalowany zegar uliczny przed pewnym zakładem zegarmistrzowskim, spostrzeżono, że wskazuje on dokładnie tylko pełne godziny i półgodziny. W innym czasie dają się zauważyć różnice we wskazaniach tego zegara od plus półminuty, do minus $1\frac{1}{4}$ minuty, mimo, że wskazówka minutowa z początkiem godziny była dokładnie ustawiona na dwunastce. Ponieważ widać było, że wskazówka ta w pierwszym kwad-

ransie opóźnia się, a w ostatnim przyspiesza, przeto różnice te nie mogły powstać wskutek niewyważenia wskazówek. Otóż przyczyną tych różnic było połączenie pędni tylko w jednym miejscu i to pod kątem 35° . Wskutek takiego połączenia szybkość kątowa drugiego wałka nie była jednakowa. Dopiero zastosowanie trzeciego, pośredniego wałka doprowadziło do wyrównania różnic.

O sposobie właściwego montowania pędni piszemy w tej książce w rozdziałach o zegarach wieżowych. Zasady te obowiązują również w odniesieniu do zegarów dworcowych lub ulicznych.

3. Tarcze i wskazówki

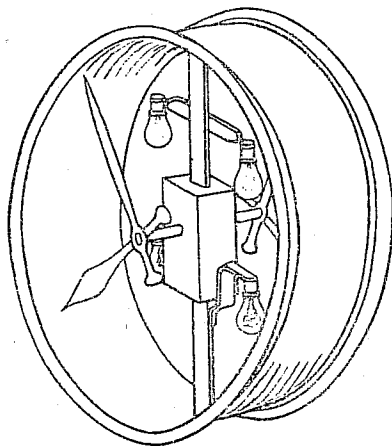
W zegarach dworcowych tarcza jest zwykle oszklona, celem ochrony jej przed zakopceniem. Tarcze takie są przeważnie w okrągłej obudowie, w kształcie bębna z blachy cynkowej, usztywnionej z obydwóch stron żelazną ramą, do której przytworzona jest tarcza i ramka do szkła.



Rys. 188. Oświetlenie odblaskowe zegara publicznego

Oslony ochronne ze szkła lustrzanego stosuje się przy zegarach ulicznych do średnicy półtora metra. Tarcze emaliowane wychodzą coraz bardziej z użycia.

W niektórych krajach tarcze na zegarach dworcowych zapatrzone są 24-godzinną podziałką. W innych znowu państwach podziałka jest 12-godzinna, oznaczona np. cyframi rzymskimi, a oprócz tego poniżej są umieszczone (zwykle czerwonym kolorem) liczby od 13 do 24.

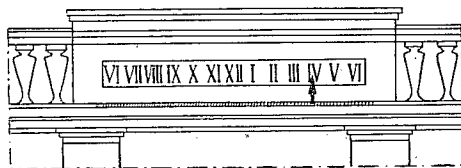


Rys. 189. Właściwe umieszczenie wskazówek i żarówek w dwustronnym zegarze publicznym

Instalacja świetlna, jak również dwustronna przekładnia wskazań, znajduje się wewnątrz obudowy umocowanej na odpowiednim wsporniku, przytwierdzonym do muru. Zegary uliczne, a zwłaszcza ustawione na narożnikach ulic, mają dwustronne tarcze ustawione nie równolegle, lecz pod pewnym kątem (rysunek 188), celem zwiększenia widoczności tych tarcz.

Tarcze zegarów publicznych są w nocy przeważnie oświetlane. Dawniej czyniono to gazem świetlnym i dlatego każdy zegar miał u góry jakby dymnik odprowadzający spaliny. Inny sposób gazowego lub naftowego oświetlenia widzimy na rysunku 188. Lampa umieszczona jest nad zegarem, a dwa zwierciadła rzucają światło lampy na tarcze zegara. Dzisiaj elektryczność umożliwia dobre oświetlenie tarczy zegarów od wewnątrz, jeśli tarcze te wykonane są ze szkła mlecznego. W takim przy-

padku przekładnia wskazań powinna być od tarczy dostatecznie oddalona (rys. 189), aby nie rzucała cienia.



Rys. 190. Tarcza jednorzędowa

Rzadko spotykany okaz tarczy widzimy na rys. 190. Znajduje się ona na tylnej fasadzie zamku szönbrunskiego w Wiedniu. Rzymskie cyfry godzin ustawione są w jednym rzędzie. Jedna tylko wskazówka porusza się wzdłuż dolnej krawędzi tarczy, wskazuje stopniowo godziny, a po dojściu do końca „tarczy“ cofa się nagle do jej początku.

4. Obudowy

Obudowa zegara publicznego powinna być przede wszystkim trwała, a po wtóre powinna harmonizować z otoczeniem. Zegary takie są umieszczane nie tylko zewnątrz, ale i wewnątrz budynków. W tych lokalach mogą one być wystawione na działanie gorąca, wilgoci, pary, kwasów itp. Zewnętrzne obudowy zegara można by było podzielić jeszcze na takie, które są osadzone w ścianach albo na wspornikach lub na słupach.

Poszczególne obudowy zegarów publicznych są wodoszczelne, z silnej cynkowej lub żelaznej blachy. Jakość takiej obudowy można poznać nawet po jej ciężarze. Obudowa więc musi być solidnie wykonana, odpowiednio usztywniona i zabezpieczona.

Obudowy przeznaczone do lokali przesyconych wilgocią, parą czy kwasami są specjalnie wykonywane i uszczelniane gumowymi pierścieniami na złączach między ścianami i ramami do szkieł. Uszczelnienia te są silnie ściśnięte przynajmniej 8 śru-

bami równomiernie rozłożonymi wzdłuż obwodu. Dotyczy to również zegarów instalowanych na okrętach. Obudowy takie, gdy znajdują się w szczególnie niekorzystnych warunkach, są wewnątrz i zewnątrz powleczone minią i przynajmniej dwukrotną warstwą trwałąj albo odpornej na kwasy farby.

Szyby w oszklonych zegarach są należycie uszczelnione i dociśnięte, lecz w ten sposób, że szkło „siedzi“ a nie „stoi“, czyli że uszczelki działają na płaszczyznę przy krawędziach, krawędzie zaś mają dostateczne luzy, aby metalowe oprawy szkieł przy zmianach temperatury miały dostateczną swobodę kurczenia się. Z tego więc względu stosowanie drewnianych czy metalowych podkładek naokoło szkła nie jest zalecane.

Wnętrze obudowy a więc i tarczy powinno być równomiernie oświetlone, tak by żarówki nie powodowały jasnych plam na tarczy, jak to się często zauważa. Dlatego więc obudowa nie powinna być za płaska. Stosuje się przy tym raczej większą ilość żarówek o słabszej mocy.

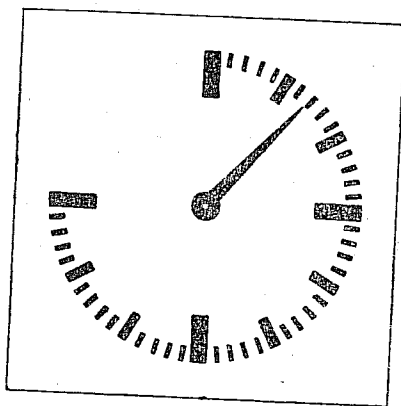
Z praktyki wiadome jest, że przy tarczach średnicy do 50 cm powinny być one oddalone od siebie około 17 cm, a oświetlone dwoma żarówkami. Jeżeli średnica tarczy wynosi np. 120 cm, to odległość między nimi powinna wynosić około 26 cm (rysunek 189), ale żarówek powinno już być przynajmniej cztery. Przy dwumetrowej tarczy umieszcza się zwykle sześć, powyżej zaś tego wymiaru — osiem żarówek.

B. ZEGARY PUBLICZNE NA BOISKACH SPORTOWYCH

Na boiskach sportowych w większych miastach znajdują się zegary. Podczas zawodów piłki nożnej jest jednak pewna niedogodność spowodowana tym, że zegary takie nie są uzgadniane ze stoperami sędziów albo sędziowie nie zawsze zwracają uwagę na zegary publiczne, wskutek czego zawody nie rozpoczynają się według ich wskazań.

Tymczasem dokładne orientowanie się w upływie czasu jest ważne zarówno dla widzów, jak i dla grających, zwłaszcza w ostatnich minutach, kiedy to odbywają się najbardziej emocjonujące i decydujące rozgrywki.

Niedawno wprowadzono na większych boiskach sportowych zegary w szczelnej obudowie, napędzane sprężyną, z urządzeniem stoperowym, dzięki czemu włącza się je dokładnie z chwilą



Rys. 191. Tarcza zegara publicznego stosowanego przy zawodach piłki nożnej

rozpoczęcia gry, zatrzymuje się z początkiem pauzy i znów uruchamia się z momentem rozpoczęcia gry po pauzie. Zegary takie mają tarcze z podziałką trzy - kwadransową i tylko jedną wskazówką, jak to widzimy na rys. 191. Wymiar tarczy wynosi około 150 cm.

Przed zawodami sam zegar umieszcza się na specjalnym rusztowaniu, po zawodach zaś zabiera się go stamtąd, aby nie ulegał ujemnym wpływom atmosferycznym. Sportowcy i widzowie wyrażają się z uznaniem o tej innowacji.

IV. WIELKIE ZEGARY SPECJALNE

Rzadko zegarmistrze spotykają się z wielkimi zegarami specjalnymi, którymi są:

- a. zegary z kurantami,
- b. zegary figuralne i
- c. zegary planetarne.

Zamieszczamy jednak opisy o niektórych ciekawszych zegarach, ażeby Koledzy zorientowali się, jakie to dawniej wykonywano „majstersztyki“. Zresztą może akurat będzie potrzeba gdzieś taki zegar naprawić lub zaprojektować nowy.

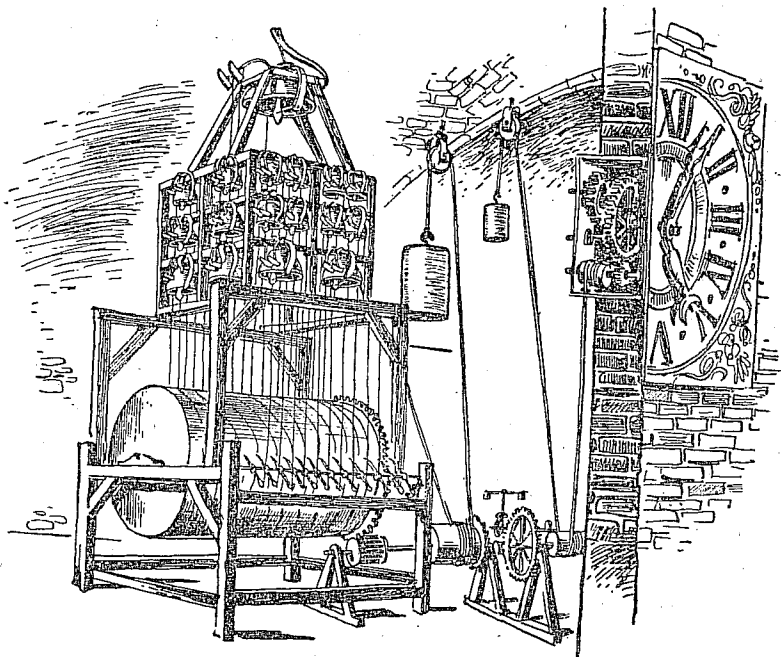
A. ZEGARY Z KURANTAMI

1. Szczegóły historyczne

Z grupy zegarów grających, do których należą zegary grzebieniowe (pozytywki), fletowe, kukułkowe i kurantowe (kariołowe), w zegarach wieżowych spotyka się tylko te ostatnie. W określonych godzinach dnia mechanizm chodu włącza mechanizm kurantowy wygrywający przez kilka minut określone melodie. Włączanie to odbywa się w podobny sposób jak w mechanizmie bicia godzin czy kwadransów.

Wynalezienie kurantów dzwonowych datuje się od średniowiecza, ale bliższe wiadomości o nich mamy dopiero z końca tego okresu. Jednym z najstarszych kurantów, istniejących dotychczas, jest kurant znajdujący się we flandryjskim mieście

Alost, na północ od Brukseli. Pochodzi on z 1481 r. Ten typ mechanizmów dźwięku przedostał się z Flandrii do Polski i był u nas dosyć rozpowszechniony, zwłaszcza w ubiegłym stuleciu.

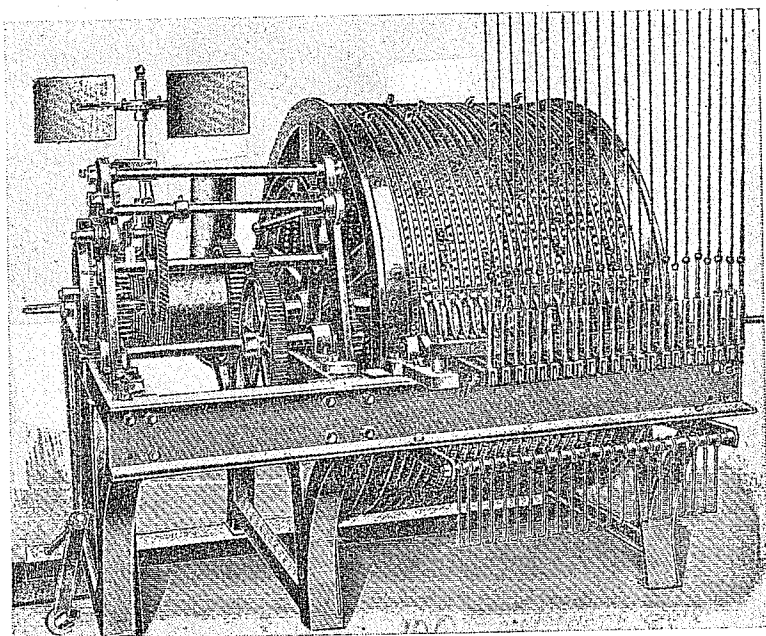


Rys. 192. Dawniejszy typ urządzenia do wygrywania kurantów

2. Konstrukcja

W ostatnich czasach zauważa się wzmożone odnawianie starych kurantów i konstruowanie nowych. Starsze urządzenia do tego celu były bardzo proste. Składały się one z dużego bębna o średnicy 60—90 cm, wykonanego zwykle z drewna, z wbijanymi albo wkręcanymi silnymi kołkami żelaznymi. O kołki te zaczepiały się ramiona dźwigni z przymocowanymi do nich drucianymi cięgnami, które poruszały młotki uderzające w dzwony.

Nowsze kuranty (rys. 193) mają bębny metalowe z dużą ilością otworów, w których kołki, a raczej występy, również metalowe, przymocowane są nakrętkami. Dzięki takiej kombinacji, można melodie co jakiś czas zmieniać, przestawiając te kołki w innym porządku.

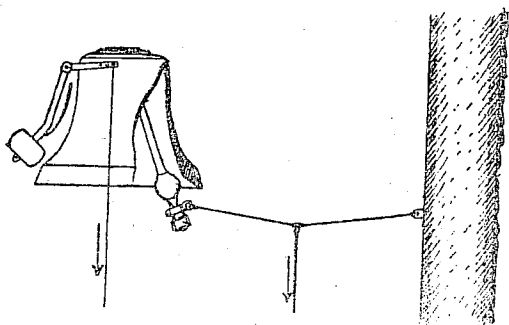


Rys. 193. Nowoczesny mechanizm poruszający młotki kurantów dzwonowych

3. Zegary z kurantami w Polsce

Kuranty o podobnym urządzeniu, zbudowane z początkiem bieżącego stulecia przez firmę belgijską, można widzieć na jasnogórskiej wieży. Kuranty te wygrywają obecnie cztery melodie.

Jasnogórskie kuranty są teraz w Polsce największe, gdyż mają 37 dzwonów, tj. trzy oktawy z półtonami. Najmniejszy dzwon ma 23 cm średnicy, największy zaś 140. Dzwony kurantów mieszczą się na wysokości 20 m nad mechanizmem grania, a nad podstawą wieży 90 m. Obciążniki mechanizmów chodu i bicia mają po 200 kg. Natomiast obciążnik mechanizmu kurantowego waży aż 900 kg. Podciągany jest raz na dobę silnikiem elektrycznym o mocy 1,5 KM.



Rys. 194. Sposób umocowania serc przy dzwonach kurantowych do ręcznego grania

Niezależnie od stałych hejnałów, wygrywanych mechanicznie, można na jasnogórskich dzwonach grać ręcznie, tak jak na fortepianie, do czego służy klawiatura umieszczona w oddzielnej kajucie. Klawiatura ta (obecnie wyłączona) tym się różni od fortepianowej, że zamiast klawiszy są dźwignie białe i czarne, w które grający uderza nie palcami, ale dłońią, aby poruszyć stosunkowo ciężkie młotki. Zwykle jednak młotki służą tylko do mechanicznego wygrywania kurantów. Do ręcznego zaś grania ciężna przymocowane są bezpośrednio do serc dzwonów, stale je przytrzymując blisko krysy, jak to widać na rys. 194. Każdy więc ton można otrzymać przez uderzenie ręką w klawisz albo nogą w odpowiedni pedał. Nie należy jednak sądzić, że trzeba do tego nadzwyczajnej siły, gdyż każdy artysta-muzyk na tym instrumencie może grać godzinami.

Na Jasnej Górze znajduje się notatka klasztorного delegata, St. Szyllera — z okresu budowy kurantów, tj. z około 1904 r.

Treść jej jest następująca:

„Będąc w Malines koło Brukseli, przy próbie zegaru zamówionego na Jasną Górę, byłem zdumiony wspaniałością tej muzyki. Ojciec Jenerał dostarczył fabrykantowi zegaru nut najpopularniejszych naszych pieśni religijnych. Gdy „carillonneur“, to jest muzyk na dzwonach, jakich w Belgii jest wielu, bo zegary grające oddawna tam są rozpowszechnione, zaczął je wydzwaniać, byłem początkowo przykro rozczarowany, bo z trudnością się domyśliłem, że to być mają nasze melodie. Poprosiłem wtedy, by zagrał jaką pieśń swoją.

Zabrzmiały dzwony, rozległ się wspaniały, uroczysty hymn kościelny. Z radością przekonałem się wtedy, że wi-na mego rozczarowania nie leży w wadach instrumentu, lecz w braku zrozumienia naszej melodii przez artystę cudzoziemca. Jak umiałem, zacząłem wtedy wyśpiewywać nasze pieśni. Artysta zaczął swe nuty poprawiać, zaznaczać tempo, dobierać akordy, śpiewając razem ze mną. Wreszcie Malines zadrżało od pieśni polskich, po raz pierwszy na dzwonach wygranych. Mistrz się zapalał, płynęły kolejno: „Kiedy ranne“, „Kto się w opiekę“, „Serdeczna Matko“ i inne nasze pieśni smętne i radosne; zaczął fantazjować, dzwony rozbrzmiewały wspaniałym hymnem, jęczały pieśnią błagalną, cichły w szeptach modlitwy, a ten zaimprovizowany koncert w fabryce w Malines na zawsze pozostanie mi w pamięci“.

Jedyny chyba zegar z kurantami wyprodukowany w Polsce, znajduje się na wieży kościoła kolegiackiego w Szamotułach koło Poznania. Urządzenie to wykonała fabryka krośnieńska M. Mięśowicza w 1927 r. Ma ono 5 dzwonów i gra pieśń o Niepokalanej „Witaj Święta“.

Kuranty zainstalowane w 1912 r. na kościele św. Katarzyny w Gdańsku miały 100 klawiszy i 38 dzwonów, z których naj-


wiekszy ważył 5400 kg. Bęben o średnicy 2,20 m, mający 24 000 otworów do kołków, był 2 m długi.

4. Kuranty za granicą


M. Iljin w książce pt. „Która godzina“ opisuje, że na wielu świątyniach petersburskich były zegary z kurantami, sprowadzane za duże pieniądze zza granicy. Ponieważ w Rosji ówczesnej nie umiano się z nimi obchodzić, musiano jednocześnie sprowadzać majstrów kurantowych.

Zachowała się notatka o tym, że: „23 kwietnia 1724 r. cudzoziemski muzyk Johann K. Ferster podpisał kontrakt na trzy lata służby u Jego Cesarskiej Mości w Sankt Petersburgskiej twierdzy z obowiązkiem grania na dzwonach na Petropawłowskiej wieży“.


I kwadrans




II kwadrans



III kwadrans



IV kwadrans *godziny*



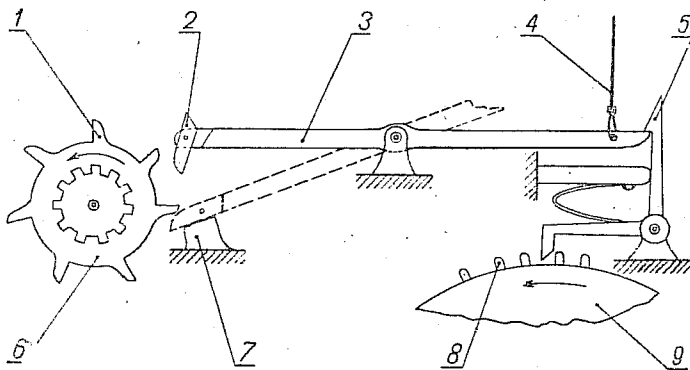
Rys. 195. Melodia kurantu westminsterskiego

Na wieżę Zbawiciela w Moskwie także sprowadzono kuranty. Obecnie bicie zegara z wieży Zbawiciela słyszą nie tylko mieszkańcy Moskwy. O północy radiostacja nadaje go na cały świat. Naprzód małe dzwonki wybijają kwadransy. Potem zaczynają bić duże dzwony, a po dwunastym uderzeniu odzywają się dźwięki „Międzynarodówki“.

Zegar parlamentu angielskiego, zazwyczaj zwany westminsterskim, wykonał w roku 1859 Dent w Londynie. Ma on 4 szklane tarcze o średnicy 8 m. Wydzwania kwadranse na 4 dzwonach od 1000 do 4000 kg., a godziny na piątym dzwonie wagi 13 500 kg. Kwadranseowe kuranty szczególnie harmonijne zastosowano we wielu innych zegarach.

5. Ulepszenia ręcznych mechanizmów kurantowych

W ostatnich latach w dziedzinie ręcznego wygrywania kurantów dokonano pewnych ulepszeń. Jak to widzimy na rys. 196, obok bębna z melodią 9, umieszczono bęben dodatkowy 1 tej długości co bęben „melodyjny“. Bęben ten, z siedmiu zębami wzdłuż swej całej długości, nie ma nic wspólnego z melodią, a służy tylko do podnoszenia młotków. Bęben zaś „melodyjny“ w danym momencie tylko zwalnia odpowiednie młotki.



Rys. 196. Ulepszenie podnoszenia młotków w kurantach

Taki dodatkowy bęben obraca się równocześnie z bębniem „melodyjnym“. Gdy kołek 8 poruszy dźwignię kątową 5, dźwignia 3 wyzwoli się, puszcza ciężno 4, wskutek czego młotek uderza w dzwon. Drugi koniec tej dźwigni opada w dół na belkę 7.

Ponieważ koniec 2 dźwigni 3 jest łamany i częściowo obraca się na sworzniu, dlatego w zwykłym położeniu przechylony

jest w dół. Z chwilą zaś uderzenia młotka koniec ten opada na belkę 7 i wyprostowuje się. Jeden z zębów bębna 6 zaczyna zaraz koniec 2 i unosi z powrotem do góry, a dźwignia 5 za drugi koniec ją przytrzymuje.

Dzięki temu urządzeniu kołki bębna „melodyjnego“ mniej są narażone na wypracowanie, melodia jest bardziej rytmiczna, granie na sposób fortepianowy jest o wiele lżejsze, a przez zastosowanie dwóch albo trzech młotków przy każdym dzwonie można wygrywać bardziej urozmaicone melodie.

Nie ulega wątpliwości, że tego rodzaju urządzenia są bardziej kosztowne i w konserwacji wymagają bardziej fachowej opieki.

Należy przy tej okazji zauważyć, że kompozytorowie melodii kurantowych, unikają akordów, gdyż brzmią one niewłaściwie, zwłaszcza jeżeli akordy te wydzwaniane są w większych interwałach, a tym samym na dwu lub więcej dzwonach, różniących się znacznie wielkością, a więc i barwą tonów.

B. ZEGARY FIGURALNE

Zegarami figuralnymi nazywamy takie czasomierze, w których ruchome figury, poruszane przez mechanizmy zegarowe, są istotną częścią składową. Zwykle figury te po wybiciu określonej godziny uruchamiane są przy pomocy specjalnej aparatury napędzanej obciążnikami. W ostatnich czasach zaczęto tu stosować również silniki elektryczne.

1. Początki

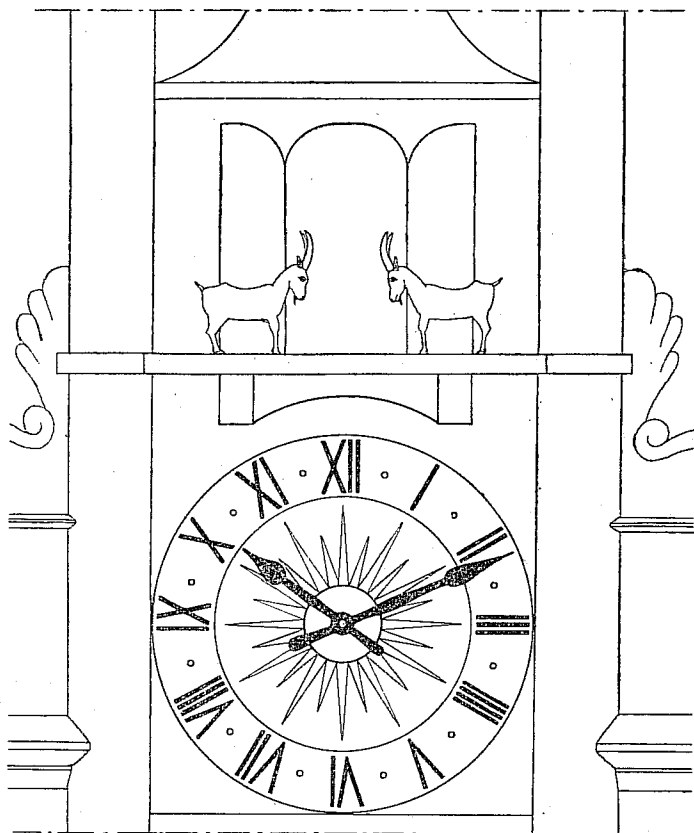
Początki zegarów figuralnych sięgają zamierzchłych czasów. Jeszcze w 500 r. przed Chr. znany był zegar wodny Heraklesa z Syrii, w którym postać Herkulesa wydzwaniała maczugą godziny.

Jeśli chodzi o mechaniczne zegary figuralne, to istnieją notatki z 1336 r., o mediolańskim zegarze wieżowym, w którym

dwaj mechaniczni rycerze z chwilą uderzenia każdej godziny nacierali na siebie.

2. Polskie zegary figuralne

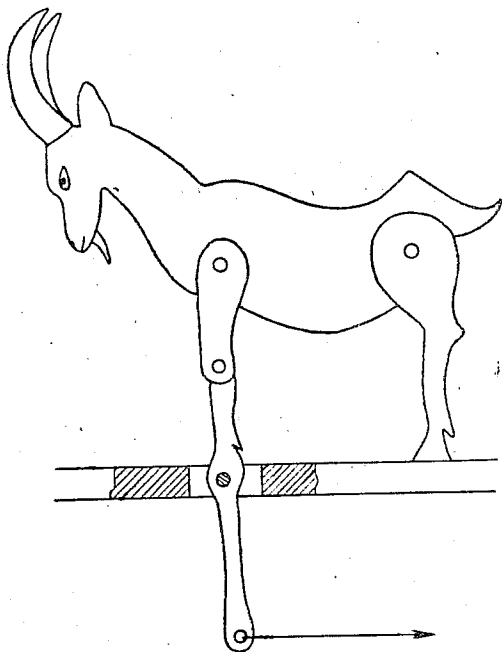
Jeden z pierwszych polskich zegarów figuralnych, o którym mamy notatki, pochodził prawdopodobnie z XV w. i znajdował



Rys. 197. Widok wschodniej fasady Starego Ratusza w Poznaniu, gdzie na środkowej wieżycze mieścił się zegar z koziołkami

się na wieży ratusza poznańskiego. Drugi zaś, z XVII w. był umieszczony na wyższej wieży kościoła Najśw. Maryi Panny w Krakowie. W zegarze tym dwie figury za każdym uderzeniem godziny dzwoniły zębami.

Zegar poznański mieścił się na środkowej wieży we wschodniej fasadzie Starego Ratusza (rys. 197). W czasie ostatniej wojny i ten zegar uległ zniszczeniu. Był to tzw. zegar z koziołkami.



F.ys. 198. Szczegóły urządzenia bodzących się koziołków

Na wystającej części wieży znajdowała się galeryjka, na którą w oznaczonych godzinach otwierały się drzwi prowadzące z wieży. Z tych drzwi wysuwał się najpierw czarno-biały koziołek, a za nim drugi biało-czerwony i ustawiały się na przeciw siebie. Po chwili doskakiwały do siebie, pochylały się i ude-

rzały rogami trzy razy. Później w tej samej kolejności znikają za zamykającymi się drzwiami.

Urządzenie napędowe tych koziółków składało się z pionowego bębna o średnicy 60 cm, który napędzany był silnikiem elektrycznym o mocy $\frac{3}{4}$ KM za pomocą przekładni ślimakowej. Koziółki umieszczone były w ruchomym wózku przesuwanym odpowiednimi linkami stalowymi. Urządzenie to czynne było za każdym razem około 3 minuty.

Pierwszą wiadomość o poznańskim zegarze ratuszowym znajdujemy w miejskich księgach rachunkowych z 1492 r. Ostatni remont zegara i koziółków przeprowadzony był przed pierwszą wojną światową.

Jeden z większych zegarów figuralnych w Polsce jest także na ratuszu w Oławie. Wieża ratusza jest ośmioboczna. Na czterech przeciwległych ścianach umieszczone są tarcze, a na pozostałych czterech — figury. Na jednej ze ścian, podczas bicia kwadransów, śmierć porusza kosą, a na drugiej — podczas bicia godzin — figura króla Dawida otwiera usta i podnosi berło. W tym samym czasie na trzeciej ścianie cztery koguty gonią się wzajemnie. Są one różnych kolorów i przyjmują różne pozycje. Na czwartej ścianie jest księżyc. Jest to kula pół pozłocana, a pół niebieska, więc wskutek obrotu wskazuje fazy księżyca. Zegar ten z wychwytem nożycowym pochodzi z XVIII w.

Do zegarów figuralnych można by także zaliczyć zegar szczeciński. Wykonany był w 1567 r. przez nieznanego zegarmistrza i umieszczony na zamku. Ostatniej przebudowy zegara dokonano w 1864 r. podczas odnawiania zamku.

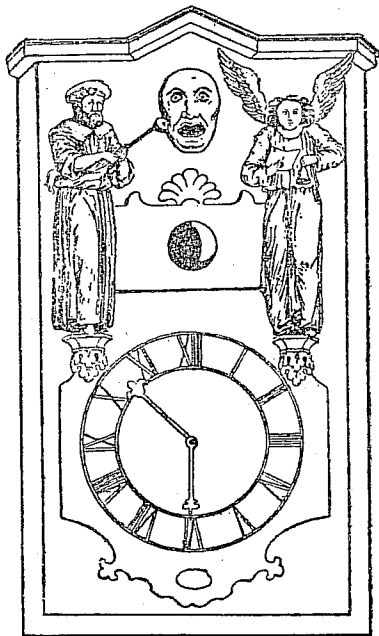
Zegar ten miał dwie tarcze. Na większej z nich, o średnicy 3,40 m, wskazywane były godziny, na mniejszej o średnicy 1,74 m — kwadransy. W środku większej tarczy umieszczona była twarz ludzka groteskowa, przez której nos przechodziła oś wskazówkowa, a w otwartych ustach można było odczytać datę dnia. Pajac wybijał godziny i kwadransy na dwóch dzwonach,

poruszając równocześnie oczami i szczękami. Nad tarczą, globus czarno-złoty obracał się raz na dobę i wskazywał dni i noce.

Obecnie zegar ten jest nieczynny, gdyż zamek jest w znacznej części zniszczony. Mechanizmu nie ma. Pozostały tylko tarcze z jedną wskazówką i dwa dzwony. Twarzy groteskowej i pajaca również brak, a otwory w tarczy założone są cegłami.

3. Zegary figuralne za granicą

Z istniejących obecnie zagranicznych zegarów figuralnych przytaczamy poniżej przykładowo opisy tylko kilku bardziej charakterystycznych obiektów.



Rys. 199. Zegar figuralny na Ratuszu w Jenie

Bywają proste zegary figuralne, w których, np. nad tarczą znajduje się głowa pajaca. Przy każdym uderzeniu godzinnym

pajac wysuwa język. Zegar taki znajduje się w Koblencji (Nadrenia). Konstrukcyjne rozwiązanie tego zagadnienia nie przedstawia większych trudności. Wystarczy np. umocować za głową figury rodzaj młotka, którego przedłużony obuch uformowany



Rys. 200. Dwóch olbrzymów uderzających na zmianę w dzwon znajdujący się nad zegarem na placu św. Marka w Wenecji

jest w kształcie języka. Ten młotek-język można połączyć dodatkowym cięgnem z młotkiem uderzającym o dzwon, by język poruszał się równocześnie z biciem zegara.

Inny typ zegara figuralnego widzimy na rys. 199. Zegar ten zbudowano w XV w. Oprócz godzin pokazywał fazy księżyca, a z chwilą uderzenia danej godziny, postać stojąca z lewej stro-

ny uderzała pałką w twarz środkowej maski, stojący zaś z drugiej strony anioł dzwonił w tym czasie dzwonkiem.

Szeroko znany był zegar w Norymberdze zbudowany w XIV wieku. Pod tarczą tego zegara znajdowała się galeria z ruchomymi figurami. Po uderzeniu 12 godziny jedna z figur wybijała na bębnie „werbel“. Przed postacią cesarza siedzącego na tronie przesuwało się siedmiu książąt i oddawało ukłony. Co godzinę zaś tańczyło dwóch karzełków. Zegar ten w czasie ostatniej wojny został poważnie uszkodzony, ale w 1951 r. postanowiono go odbudować.

Również wielką popularnością cieszył się zegar zbudowany około 1400 r. w Roskilde w Danii, przy którym w chwili uderzenia 12 godziny św. Jerzy atakował smoka, a mężczyzna i niewiasta uderzali w dzwony.

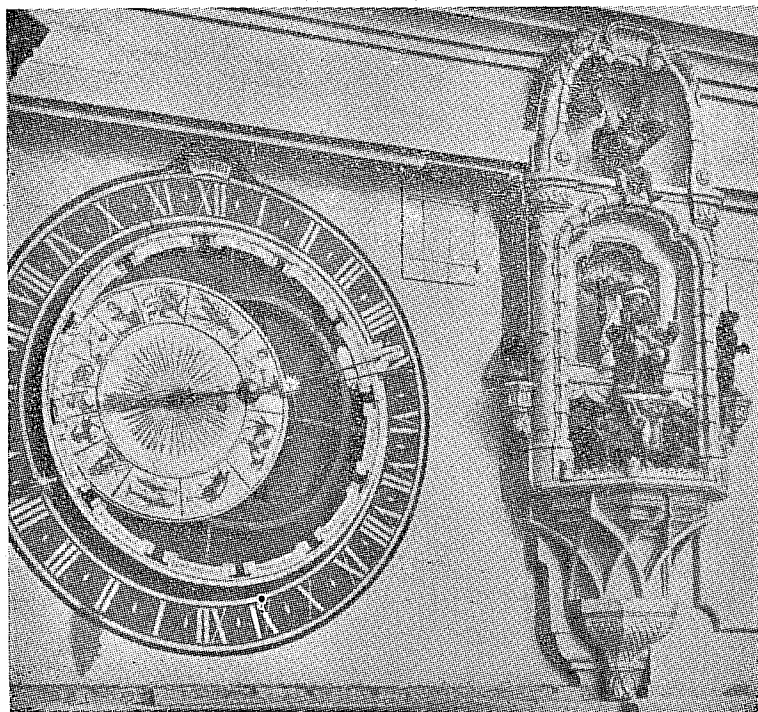
Wenecja wśród różnych swoich osobliwości ma na placu św. Marka kunsztowny zegar z poruszającym się słońcem i księżycem i innymi ciałami niebieskimi. Gdy zegar ten ma wybijać godziny, wówczas wychodzi z wieży anioł z trąbą, za którym postępują trzy królowie i kłaniają się przed figurą Matki Bożej. Nad tym zegarem znajduje się na dachu dzwon, w który uderza co godzinę dwóch olbrzymów (rys. 200).

Zegar astronomiczno-figuralny w Bernie (rys. 201) nazywany przez berneńczyków „Zytglogge“, był zbudowany w 1530 r. przez Gaspara Brunnera. Zegarmistrz ten wsławił się tym, że wymyślił automaty, które co godzinę odgrywają swoją komedię ku podziwowi turystów i uciesze przechodniów.

Zegar ten był kilkakrotnie naprawiany i przerabiany. Ongiś miał dwie trąbki, które dźwięcznie trąbiły. Kogut stał na daszku, obecnie zaś jest umieszczony po prawej stronie króla. Natomiast z lewej strony stoi lew, a u stóp króla na galerijce defilują wyprostowane niedźwiedzie.

Figury działają dniem i nocą. Co godzinę kogut bije skrzydłami i woła „kukuryku“! Wtedy król odwraca klepsydrę, po czym zniża swe berło ku jednemu z niedźwiedzi, który obraca

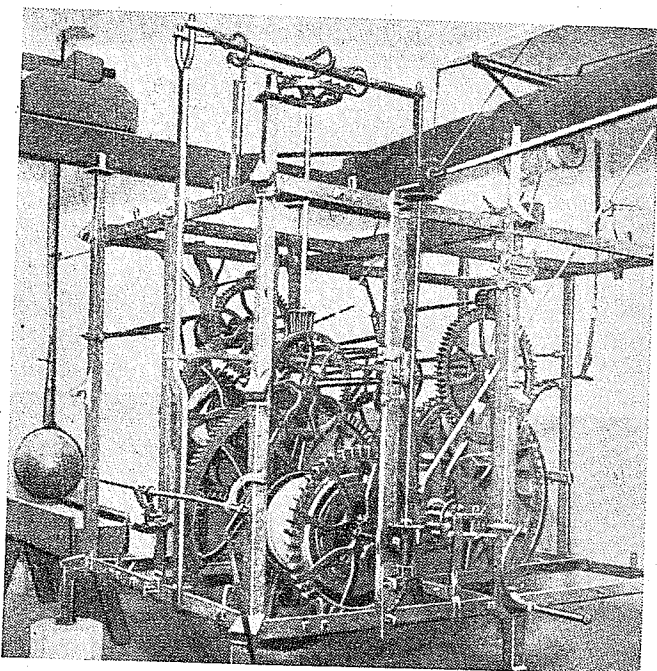
głowe i skłania szpadę dając sześciu innym niedźwiedziom znak na rozpoczęcie defilady. Wówczas jeden z niedźwiedzi wchodzi na czworakach, inny wjeżdża na koniu, reszta zaś marszeruje w postawie wyprostowanej. Są one uzbrojone w maczugi lub w halabardy. Giermek siedzi we wnęce nad królewskim tronem i na dwóch dzwonek wybijają daną godzinę.



Rys. 201. Figuralno-planetarny zegar berneński

Gdy defilada jest skończona, wówczas kogut pieje drugi raz, a giermek wydzwaniania powoli kwadranse i godziny. Król liczy uderzenia poruszając berłem oraz otwierając i zamykając usta. Lew obraca równocześnie głowę. Wreszcie kogut pieje trzeci raz - cała świta staje bez ruchu aż do następnej godziny.

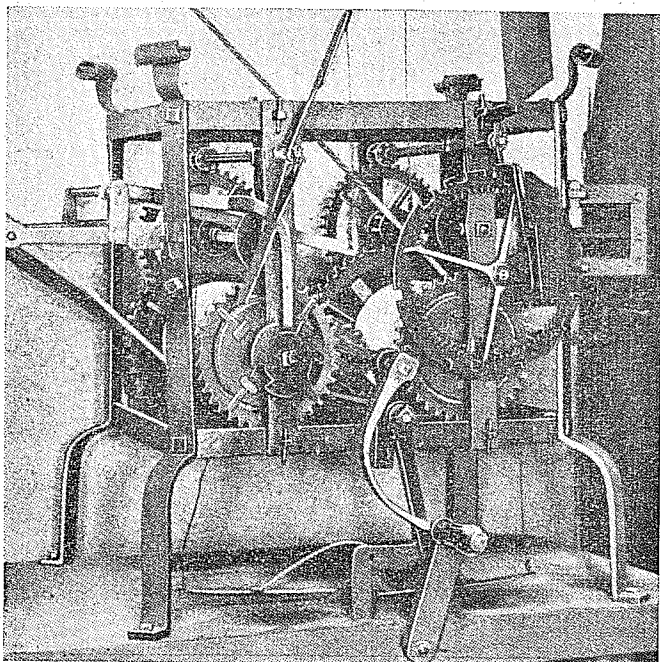
Zauważyć należy, że na tarczy zegara astronomicznego o średnicy 2,50 m, znajdującego się na lewo od figur, wskazywane są godziny, dni tygodnia, miesiąca, fazy księżyca i znaki zodiaku, przez które przechodzi słońce.



Rys. 202. Mechanizm chodu zegara planetarnego w Bernie

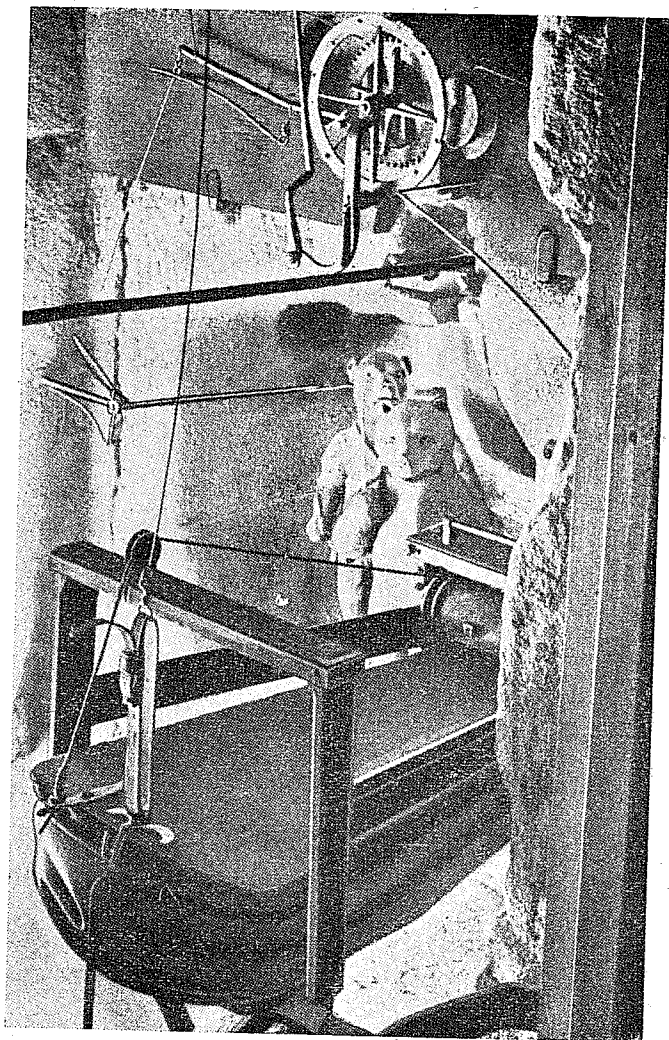
Mechanizm chodu (rys. 202) ukuty jest całkowicie z żelaza; ponadto zęby w kołach są z hartowanej stali, piłowane ręcznie, umocowane śrubami i klinami. Pomimo starości zegar chodzi doskonale. Wychwył ma wrzecionowy (szpindlowy), regulator zaś, niegdyś kolebnikowy, niedawno zamieniony został na wahadło, zawieszone na bawolej skórce, z dwumetrowym prętem i soczewką, odlaną z kuli armatniej, o średnicy 40 cm. Regulowanie chodu dokonuje się w zawieszce wahadła.

Mechanizm chodu porusza wskazówki i włącza mechanizmy bicia kwadransów oraz godzin. Odpowiednia dźwignia włącza w danej chwili inny mechanizm (rys. 203), który ma za zadanie wprawiać w ruch figury.



Rys. 203. Mechanizm do poruszania figur w zegarze berneńskim

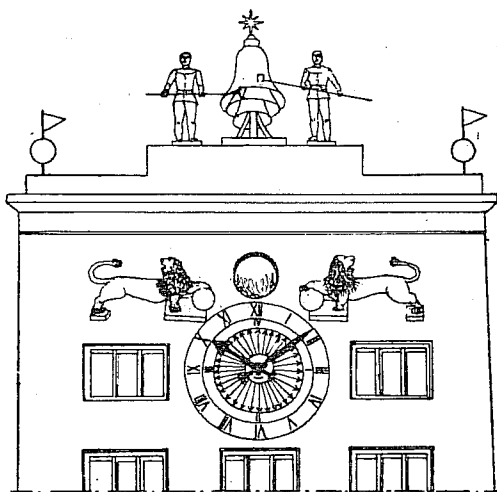
Połączenia mechanizmu z figurami, widoczne na rys. 204 są bezpośrednio, wmurowane we wieżę. Na tym samym rysunku widzimy u góry koło służące do poruszania królewskiej klepsydry. Koło to ma odpowiednie wcięcia, które poruszają ramię trzymające berło, a także usta. Poniżej widać część karuzeli niedźwiedzi, a jeszcze niżej miech do dmuchania powietrza potrzebnego w czasie piania koguta.



Rys. 204. „Za kulisami“ mechanizmu do peruszania figur

4. Nowoczesny zegar figuralny

Nie tylko w średniowieczu czy choćby w ubiegłym stuleciu budowano zegary figuralne. W Lipsku na 12-piętrowym gmachu zbudowano w ostatnich latach zegar, który budzi ogólne zainteresowanie, zwłaszcza dzięki temu, że godziny i kwadransy wybijają dwie duże figury umieszczone na dachu tego domu.



Rys. 205. Zegar publiczny w Lipsku na 12-piętrowej kamienicy, z figurami wybijającymi kwadransy i godziny

Wskazówki i ażurowa tarcza tego zegara są miedziane i pozłoczone. Średnica tarczy wynosi 4,5 m. Mechanizm zegara znajduje się na 11. piętrze; jest on 3 m długi, a ponad 2 m szeroki i wysoki. Obciążniki, ważące ok. 600 kg, znajdują się w klatce schodowej. Naciąg jest elektryczny z silnikiem o mocy 2 KM.

Z mechanizmem zegara połączeni są obydwaj dzwonnicy na dachu, z których każdy jest 3,85 m wysoki. Nogi dzwonników przymocowane są do podstawy na dachu na stałe, a tylko tułów

w biodrach jest ruchomy. Młoty, które każdy z dzwonników trzyma obydwoma rękami, ważą po 50 kg i umocowane są na dwumetrowych drążkach. Mechanizm, jak zwykle, składa się z trzech oddzielnych części: mechanizmu chodu oraz dwóch mechanizmów do poruszania dzwonnika godzin i dzwonnika kwadransów. Z mechanizmem chodu połączona jest jeszcze kula księżycza wskazująca jego fazy. Średnica tej kuli wynosi 1,35 m.

C. ZEGARY PLANETARNE

1. Określenie

Planetarnymi nazywamy takie zegary, które przy pomocy skomplikowanych nieraz mechanizmów kołowych przedstawiają aktualne astronomiczne zjawiska, jak np. pozycje Słońca, Księżycza, planet, zodiaku, fazy Księżycza itd.

Jeszcze w czasach starożytnej Grecji budowano takie, chociaż niemechaniczne zegary (pisaliśmy o nich w pierwszej części „Zegarmistrzostwa“), a w średniowieczu z rozwojem miast i techniki zegarmistrzowskiej powstawały duże zegary z ruchomymi figurami i urządzeniami planetarnymi. Powstawały one przede wszystkim w kościołach i na wieżach kościelnych. Zegary planetarne cieszyły się dawniej dużą popularnością, a wskazania astronomiczne były przez ludzi pilnie obserwowane.

2. Trudności konstrukcyjne

Za podstawę do obliczeń zegara planetarnego służy odcinek czasu, w którym powtarza się całkowity przebieg danego zjawiska, jak np. od nowiu do nowiu. Przebieg ten dzieli się dopiero na poszczególne fazy, jak np. pierwsza kwadra, pełnia, trzecia kwadra i nów.

Jeżeli w zegarze planetarnym zamierza się przedstawić stosunek czasu słonecznego do czasu gwiazdowego, to za podstawę

służy tu rok słoneczny, który wynosi 365 dni, 5 godzin, 48 minut, i 46 sekund, oraz rok gwiazdowy, który ma 366 dni, 6 godzin, 9 minut i $9\frac{1}{2}$ sekundy.

Dokładność wskazań zależy od jakości mechanizmów, dokładności ich obliczeń i postronnych wpływów, które mogą zmieniać nieco właściwe wskazania, tym więcej, że konstruktor zegara planetarnego ma do czynienia z mechanicznymi kołami, których ilość zębów jest ograniczona. Rzadko bowiem stosuje się w takich zegarach koła mające więcej niż 400 zębów.

Również większe trudności napotyka konstruktor w takich przypadkach, gdy w zegarze wymagana jest duża ilość różnorodnych wskazań. Musi on wówczas budować większą ilość oddzielnych mechanizmów, gdyż jeden mechanizm byłby za bardzo skomplikowany i wskazania jego na jednej tarczy byłyby za mało czytelne. Dlatego więc największe zegary planetarne składają się z wielu mechanizmów. Tak np. zegar sztrasburski, odbudowany przed stu laty, ma 9 głównych mechanizmów, podczas, gdy zegar planetarny, wykonany dla Berlina przed 40 laty, ma ich aż 20. Zaletą większą ilości mechanizmów, z których każdy służy do jednego tylko wskazania, jest to, że łatwiejsza jest konstrukcja, większa przejrzystość i łatwiejszy dostęp dla konserwatora w czasie ewentualnych poprawek.

Obliczenie zegara planetarnego, to praca trwająca lata. Po ustaleniu w sekundach końcowych obrotów kół w danych mechanizmach następuje właściwe obliczenie mechanizmu, które musi być przeprowadzone na zasadach matematycznych z dobozem odpowiedniej ilości kół oraz ich przełożeń. Nie zawsze jednak można uzyskać dostatecznie dokładne przełożenia, które by w obrębie dłuższego odstępu czasu nie zrobiły małej różnicy.

Jak wiemy z czwartej części „Zegarmistrzostwa“, różnica między czasem słonecznym a gwiazdowym wynosi w ciągu roku ponad 24 godziny, czyli że stosunek przełożenia ma być $1 : 1,002\ 737\ 909$. Tak trudne przełożenia (bliskie jedności) mogą być zrealizowane jedynie przy zastosowaniu przekładni obiego-

wych (planetowych), o których pisaliśmy przy pośrednim (różnicowym) napędzie wychwytu. Są one wprawdzie bardzo skomplikowane i stosunkowo trudne do obliczenia, ale można przy ich pomocy osiągnąć bardzo małe przełożenie z dużą dokładnością, o jakie właśnie chodzi w zegarach planetarnych. Mechanizm z taką przekładnią zbudowany był jeszcze w 1560 r.

Jeden z kolegów, który zamierzał skonstruować skomplikowany zegar planetarny, tak opowiada przebieg swych prac obliczeniowych.

„Rodzaj i sposób obliczania mechanizmów kołowych, które służą do przedstawienia obrotów ciał niebieskich, różnią się znacznie od obliczeń zegarów przeznaczonych tylko do wskazywania czasu. Przyczyna leży zwłaszcza w tym, że ruchy gwiazd muszą zgadzać się z astronomicznymi teoriami i zasadami. Ogółem, praca przy obliczeniach mojego zegara planetarnego zajęła mi kilka lat żmudnych wysiłków.

Po obliczeniu mechanizmu chodu, mechanizmu bicia i kalendarza dla czasu średniego, zacząłem od obliczeń czasu obiegu Ziemi dookoła Słońca. W trudnych tych pracach korzystałem tylko z wiadomości nabytych w szkole powszechnej. Najtrudniej w takich przypadkach bywa, gdy już mamy ustalone przełożenie rocznego ruchu, a pozostało jeszcze kilka minut czy choćby tylko sekund różnicy: dodać jeden ząb w zębniku lub w kole, będzie za dużo, ująć, będzie za mało itd. W planowanym zegarze zamierzałem przedstawić obiegi wszystkich naszych planet“.

Okresy obiegów gwiazdowych planet dla epoki: 1 styczeń 1952 r.¹⁾ zestawione aktualnie przez prof. M. Bielickiego są następujące:

1) Okresy obiegów mają takie znaczenie, że gdyby planety poruszały się po orbitach, jakie mają w dniu 1 stycznia 1952 r., i nie podlegały perturbacjom wzajemnym, to po upływie tego czasu powróciłyby do tych samych punktów orbit. Dane powyższe otrzymane są z tablic Leverrier, Gaillet, Newcomb, Bover, przez uwzględnienie perturbacji długookresowych. Długość roku zwrotnikowego w dniach średnich słonecznych dla epoki 1 styczeń 1952 r. jest: 365,24219 z dokładnością 0,000 01.

Merkury	87,9693	dni	średnich	słonecznych
Wenus	224,7008	„	„	„
Ziemia	365,25636	„	„	„
Mars	686,9797	„	„	„
Jowisz	4332,589	„	„	„
Saturn	10759,23	„	„	„
Uran	30688,4	„	„	„
Neptun	60181,3	„	„	„
Pluton	90737,2	„	„	„

„Czasy tych obiegów — opisuje dalej wspomniany kolega — udało mi się uzyskać z dokładnością 0 sekund przy obrotach Uranu i Neptuna, do 8 sekund przy Jowiszu i 47 sekund przy Saturnie. Ze względu na duży przeciąg czasu obiegu tych ciał niebieskich, jak również nieuniknione luzy międzyzębne w kołach, różnice te gołym okiem są prawie niedostrzegalne.

Obliczenie tych mechanizmów zajęło mi od trzech miesięcy przy Ziemi do czterech dni przy Neptunie. Ogółem około półtora roku czasu. Dotyczą one jednak tylko przełożeń mechanizmu planetarnego, który zawiera 65 kół i zębników. Nie mieści się zaś w tym praca nad ustaleniem grubości zębów, odległości osi itd.

Najtrudniejsza jednak sprawa nastąpiła teraz, gdy przyszło do obliczeń mechanizmu przedstawiającego pozorny obieg Słońca i Księżyca, z uwzględnieniem poszczególnych momentów ich zaćmień, jak również zaćmień innych planet, ponieważ ich obroty są stosunkowo krótkie, tak że różnica w przełożeniu, wynosząca choćby tylko ułamek sekundy, dyskwalifikowałaby obliczoną aparaturę jako zegar planetarny. Praca wymagała kilkumiesięcznych studiów, do których musiałem zdobywać odpowiednie książki. Ponieważ obliczenie mechanizmu musiało być kombinacją 11 różnych zestawień kół połączonych ze sobą jedną osią, przeto trudność była spora.

Następnie postanowiłem obliczyć kalendarz kościelny. Tu natknąłem się na jeszcze większe trudności, tym więcej że przy tych

obliczeniach musiały być zastosowane ułamki łańcuchowe, które nie były mi znane. Sprowadziłem więc odpowiednie podręczniki, opanowałem tę metodę i przystąpiłem do dalszych obliczeń, gdyż cały zegar planetarny miał mieć 10 tarcz, z których każda by miała po kilka wskazówek“.

Oto streszczenie wynurzeń zegarmistrza, który dzięki wytrwałym wysiłkom przyczynił się do podniesienia wiedzy i kultury swojej ojczyzny.

3. Zegary planetarne w Polsce

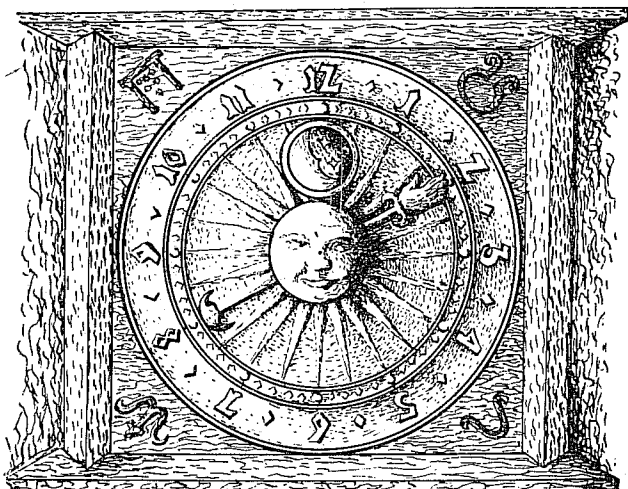
Ustawiczne niepokoje, które nękały ziemię polską, nie sprzyjały fundowaniu kunsztownych i skomplikowanych zegarów planetarnych, wymagających, jak widzieliśmy wyżej, wiele wysiłków, czasu i kosztów, a — co najważniejsze — odpowiednich fachowców, których na ogół brak nie tylko w Polsce ale i za granicą.

Z dostępnych notatek historycznych stwierdzić można, że na wyższej wieży kościoła Mariackiego w Krakowie od strony ul. Floriańskiej był umieszczony, prawdopodobnie w XVII wieku, zegar z obracającym się raz na dzień „globusem miesięcznym“. Niestety, w archiwach krakowskich nie udało się odszukać bliższych szczegółów o tym zegarze.

Na kościele Mariackim w Gdańsku jest zegar astronomiczny, wykonany w 1470 r. przez Düringera. Dół jest zajęty przez kalendarz. W środku jest „astrolabium“ przedstawiające pozorny ruch Słońca, Księżyca i kilku planet, fazy Księżyca, jakoteż ruch dzienny koła zodiakowego. W górze były ongiś figury 12 Apostołów i Trzech Króli defilujących w pewnych godzinach, oraz scena Zwiastowania. Zegar ten jest od dawna nieczynny.

Jeszcze obecnie istnieje na Ratuszu we Wrocławiu od strony południowej czynny zegar planetarny z jedną wskazówką wskazującą godziny. Na tarczy tego zegara pod „12“ jest kula księżyca, wskazująca swym obrotem poszczególne fazy. Zegar ten

zainstalowano w 1888 r. Połączony jest pędnia z zegarem głównym od strony północnej. Ma odpowiednią przekładnię obiegową do obrotów księżyca.



Rys. 207. Zegar planetarny na wrocławskim ratuszu

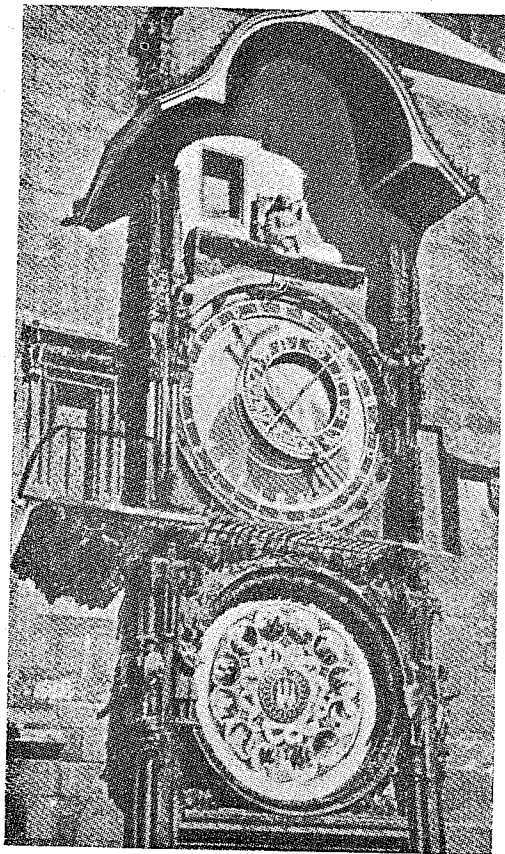
4. Niektóre zagraniczne zegary planetarne

a. Zegar praski

Znany zegar astronomiczno-planetarny w Pradze (rys. 208), zbudowany w 1490 r. przez Jana Ruzego, był kilkakrotnie przerabiany i odnawiany. Najważniejszym uszkodzeniem uległ na wiosnę 1945 r., gdy wycofujący się hitlerowcy podpalili ratusz Starego Miasta z wieżą, na której znajdował się ten zegar. Za raz po uwolnieniu Pragi przez wojska radzieckie rozpoczęto naprawę zegara, którą szczęśliwie ukończono po kilkuletnich starannych pracach.

Górna tarcza, wykonana w kolorze pomarańczowym i niebieskim, ma w okolu dwa rzędy gotyckich i rzymskich cyfr wskaźujących dni. Znajdująca się na niej ekscentrycznie mniejsza

tarcza, zawiera 12 znaków zodiaku. Złoczone wskazówki wskazują odnośnie znaki.



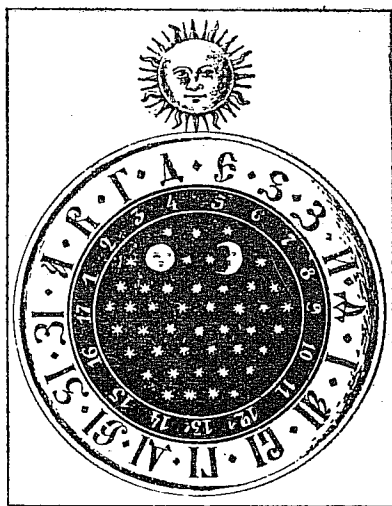
Rys. 208. Zegar planetyarny mieszczący się na ratuszu Starego Miasta w Pradze

Dolna tarcza ma w środku herb miasta Pragi, a naokoło niego 12 rysunków alegorycznych, ilustrujących 12 miesięcy.

W południe kogut pieje, a w tym czasie otwierają się drzwiczki nad tarczami, z których wychodzi 12 Apostołów, którzy przesunąwszy się powoli przed figurą Chrystusa, znikają w drugich drzwiczkach.

b. Zegary rosyjskie

Współczesny pisarz radziecki M. Iljin wspomina w swej książce pt. „Która godzina“, że dawna Moskwa miała również ciekawy zegar na wieży Zbawiciela na Kremlu. Zegar ten był skonstruowany w sposób zupełnie osobliwy. Zwykle w zegarach obraca się wskazówka, a tarcza pozostaje nieruchoma. Tutaj było odwrotnie: tarcza obracała się, a wskazówka pozostawała nieruchoma (rys. 209). Wskazówka również była dziwaczna: umocowana na ścianie nad tarczą, miała kształt małego słońca z promieniami. Na domiar wszystkiego na tarczy było oznaczonych nie dwanaście godzin jak zwykle, lecz siedemnaście.



Rys. 209. 17-godzinny zegar z wieży Zbawiciela na Kremlu, ze słońcem zamiast wskazówki

W jakiż to sposób mieszkańcy Moskwy oznaczali czas podług takiego staroświeckiego zegara? W notatkach podróżników znajdujemy na to odpowiedź. Oto, co pisze o zegarze z wieży Zbawiciela podróżnik Mayerber:

„Zegar ten pokazuje godziny od wschodu do zachodu słońca. Rosjanie dzielą dobę na dwadzieścia cztery godziny,

a liczą je zależnie od obecności lub nieobecności słońca, tak że o wschodzie zegar bije raz, a potem bije aż do zachodu. Następnie znowu zaczynają rachować od pierwszej godziny nocnej aż do wschodu słońca. W najdłuższe dni zegar wskazuje i bije do siedemnastu, a noc trwa wówczas siedem godzin“.

Oto jak skomplikowane było ówczesne obliczanie czasu! Nic więc dziwnego, że zegar wymagał stałego dozoru. Co się stało ze starym zegarem z wieży Zbawiciela — nie wiadomo. W XVIII wieku umieszczono na wieży inny zegar, sprowadzony z Holandii na rozkaz Piotra Wielkiego.

W pobliżu Charkowa, na Połtawszczyźnie znani są bracia Iwan, Piotr i Wasyl Niedostupowowie jako zdolni konstruktorzy-samoucy. Najstarszy z braci skonstruował niedawno ciekawy zegar, kurantowo-figuralno-planetarny w kształcie wieży z wartownią oraz z małym placikiem przed nią. Tarcza i wskazówki zegara są normalne, lecz reszta urządzenia jest niezwykła.

Nad tarczą konstruktor umieścił sklepienie, na którym przedstawione jest niebo z niektórymi planetami i gwiazdami — Słońcem, Księżycem, Marsem, Saturnem, Wenusem, oraz konstelacjami Małej i Wielkiej Niedźwiedzicy i innymi. Oryginalność pomysłu polega na tym, że ruch przedstawionych ciał niebieskich odbywa się stosownie do pór roku. Z dokładnością do jednej minuty według czasu moskiewskiego wschodzi słońce i w ciągu dnia opisuje swą drogę na niebie ze wschodu na zachód. W lecie dochodzi prawie do zenitu, zimą zaś wznosi się nieznacznie ponad horyzontem.

Wkrótce po zachodzie słońca ukazują się pod kopułą największe planety i gwiazdy, które w tym czasie powinny znajdować się na niebie. Mechanizm jest tak skonstruowany, że zegar dokładnie ukazuje wszystkie fazy księżyca.

Poniżej tarczy zegara mieści się kalendarz. W znajdującym się u dołu okienku widać nazwę miesiąca oraz ilość jego dni.

W dwu innych okienkach — nazwę dnia, jego datę i wiążące się z nią wydarzenia historyczne.

Interesujący ten zegar wydaje melodyjne dźwięki podobne do kremłowskich kurantów. Co pół godziny otwiera się na dole brama i na jej progu ukazuje się wartownik, który wybija młotkiem ilość uderzeń, stosownie do godziny, wskazanej na tarczy. Zegar ten jest nakręcany raz na dwa tygodnie.

c. Planetarny zegar stuletni w Lierre (Belgia)

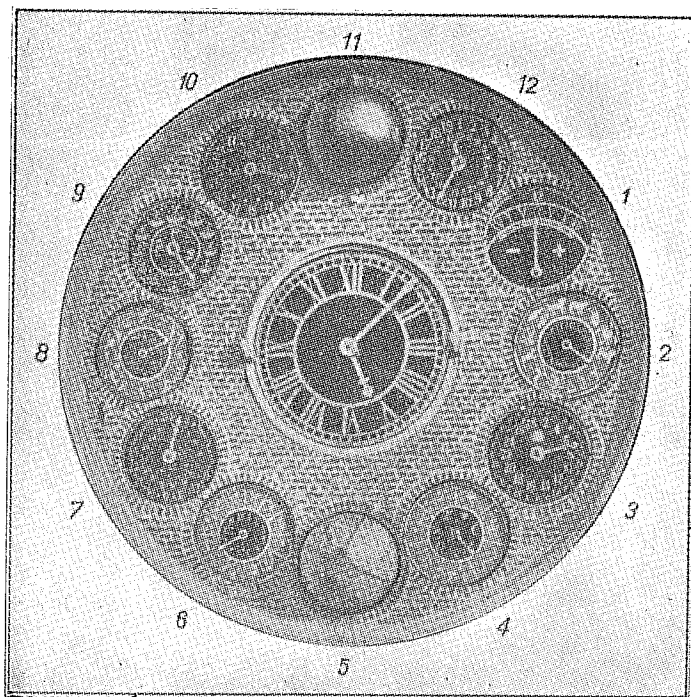
Jeden z ciekawszych zegarów planetarnych znajduje się w belgijskim mieście Lierre, na wieży Muzeum Ludowego. Zegar ten zbudował i ofiarował dla swego rodzinnego miasta zegarmistrz Ludwik Zimmer w 1930 r. Jak widzimy na rys. 210, zegar ten ma 13 tarcz. Tarcza środkowa wskazuje czas zachodnio-europejski. Liczby naokoło 12 tarcz w rzeczywistości nie istnieją, są one naniesione tylko dla orientacji.

Tarcza pierwsza wskazuje równanie czasu, które, jak wiemy z czwartej części „Zegarmistrzostwa“, służy do obliczania czasu średniego ze wskazań zegarów słonecznych. Równanie to waha się od — 16 do + 17 minut i dlatego tarcza pierwsza ma tylko taką skalę.

Druga tarcza ma znaki i symbole zodiaku, na których tle w ciągu roku przesuwa się Słońce. Więc wskazówka tej tarczy obraca się tylko raz na rok.

Tarcza trzecia przedstawia nam cykl słoneczny i litery niedzielne. Cykl słoneczny wynosi 28 lat i stosownie do tego wewnętrzny pierścień zawiera cyfry od 1 do 28. Wskazówka wskazuje nam, w którym roku tego cyklu się znajdujemy. Po upływie 28 lat, dni tygodnia przypadają znowu na te same dni miesiąca. Z pomocą liter, znajdujących się naokoło cyfr, można ustalić, w którym dniu stycznia przypada pierwsza niedziela. Na rysunku wskazówka wskazuje nam literę *E*, piątą w alfabecie, a więc pierwsza niedziela miesiąca w danym roku przypada 5 stycznia. Podwójne litery są potrzebne dla lat przestępnych.

Na tarczy czwartej są na obwodzie symbole bóstw starożytnych, przedstawiających poszczególne dni tygodnia.



Rys. 210. Zegar „stuletni“ w Lierre

Na piątej tarczy widzimy kulę ziemską (globus), której oś nachylona jest w prawo o 23 i pół stopnia. Kula ta obraca się raz na 24 godziny.

Na szóstej tarczy wskazówka wskazuje nam numer i symbol bieżącego miesiąca.

Na siódmej zaś tarczy wskazówka wskazuje datę miesiąca. W miesiącach o 28 i 30 dniach, czy w latach przestępnych o 29, wskazówka przeskakuje automatycznie na początek miesiąca.

Tarcza ósma przedstawia cztery pory roku, a w wewnętrznym kole ich długości w dniach.

Z dziewiątej tarczy można się zorientować, jaki jest stan w danej chwili przypływu i odpływu morza w Lierre. W ciągu 24 godzin i 50 minut, mamy dwa razy odpływ, dwa razy przypływ w różnych godzinach, co po 29 i pół dniach dzieje się znowu w tych samych godzinach. Wskazówka ta obraca się mniej więcej 2 razy na dobę.

Dziesiąta tarcza wskazuje nam, ile dni upłynęło od nowiu.

Zamiast jedenastej tarczy wbudowana jest kula księżyca wskazująca jego fazy.

Tarcza dwunasta wskazuje tzw. cykl księżyca, który wynosi 19 lat, gdyż po tym okresie nów przypada znowu na ten sam dzień. Wskazówka w tym przypadku wskazuje nam rok cyklu księżycowego, a cyfry wewnętrzne wskazują ilość dni, które upłynęły od pierwszego stycznia do ostatniego nowiu. Cykl słoneczny i księżycowy służy do ustalania dat świąt ruchomych.

Kto wie, czy zegar któregośkolwiek z wyżej opisanych typów nie byłby u nas nieminiejszą atrakcją niż np. ruchome schody w naszej Stolicy.

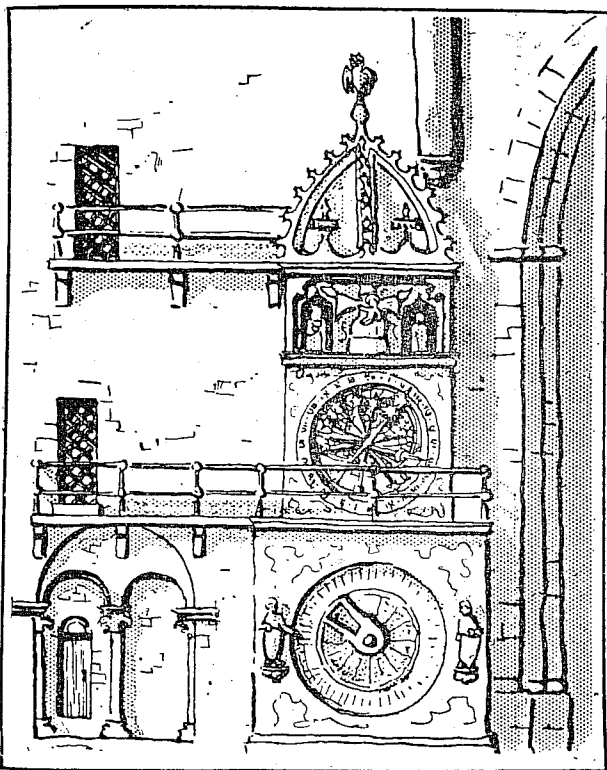
D. KUNSZTOWNY ZEGAR SZTRASBURSKI

1. Historia

Katedra sztrasburska otrzymała pierwszy zegar w 1354 r. Obok dolnej tarczy znajdowała się wtedy postać ludzka, która wskazywała okresy popularnego wówczas puszczania krwi, zależnie od obiegu planet.

Nad tą tarczą znajdował się zegar planetarny z kilkoma wskazówkami oznaczającymi różne dane astronomiczne. Wyżej jeszcze był umieszczony mechanizm z kilku figurami, które co godzina wysuwały się na zewnątrz i oddawały ukłon Matce Bo-

żej i Dzieciątka Jezus. Na samym szczycie był kogut, który przechował się aż do naszych czasów. Jego działanie opisujemy nieco dalej.



Rys. 211. Pierwszy zegar katedry sztrasburskiej z 1354 r.

Drugi zegar tej katedry budowany był 27 lat. Po uruchomieniu go w 1574 r. podziwiany był jako zdumiewający wytwór wynalazczości ludzkiej. Działał on aż 215 lat, tj. do 1789 roku. Oprócz urządzeń mechanicznych, wskazujących czas średni słoneczny (miejscowy i strefowy) oraz różne dane astronomiczne, miał również zegar piaskowy automatycznie odwracany.

Trzeci zegar katedry sztrasburskiej, zbudowany przez zegarmistrza J. B. Schwilgue'go w przeciągu 4 lat, został uruchomiony w 1842 roku. Zegar ten przedstawiony jest na rys. 212.

Ten sławny zegar planetarny jest arcydziełem specjalnego rodzaju. Jednocy on w sobie wszystkie trzy odmiany wielkich zegarów specjalnych, a więc jest zegarem kurantowym, figuralnym i planetarnym i to w tak dużej skali, że dotychczas nie ma sobie równego na świecie. Znajduje się on wewnątrz katedry pod wysokim witrażem okiennym, a kształt ma podobny do zegara poprzedniego.

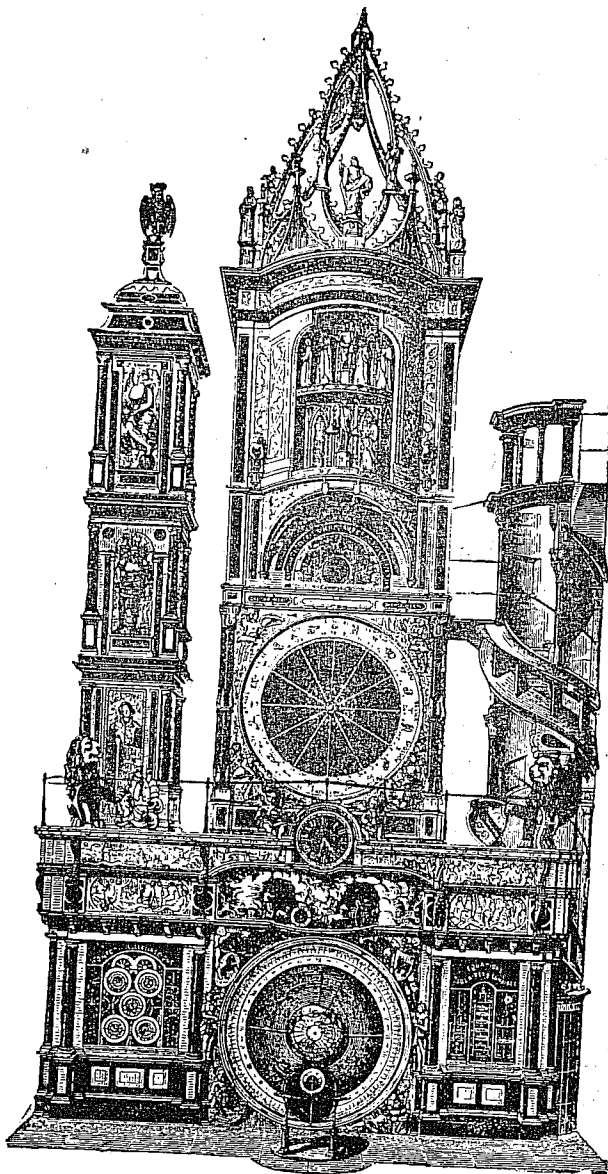
2. Globus niebieski

Na pierwszym planie u dołu stoi na posadzce duży globus o średnicy 842 mm przedstawiający sklepienie niebieskie otaczające Ziemię. Na jego powierzchni znajduje się około 5000 gwiazd od pierwszej do szóstej wielkości. Obrót globusu odbywa się w ciągu doby gwiazdowej, która jest jak wiemy (4—24), krótsza od doby średniej o 3 minuty i 56 sekund. Oprócz dobowego obrotu, globus ten ma drugi ruch, tj. precesję.

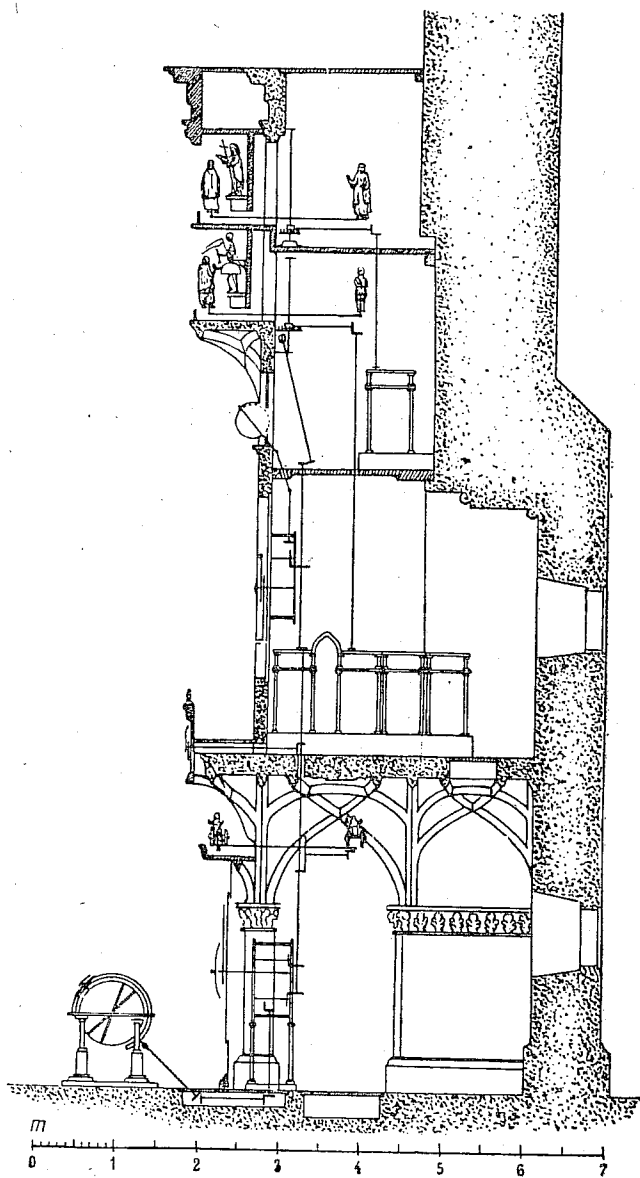
3. Wieczny kalendarz

Za globusem znajduje się kalendarz, umieszczony na wolno obracającym się kole (o średnicy 2,73 m), z poszczególnymi dniami i ruchomymi świętami. Obrót tej tarczy odbywa się w czasie 365, a w latach przestępnych 366 dni. Po obydwóch stronach kalendarza stoją figury: z jednej strony bożek słońca, Apollo, a z drugiej — bogini księżyca, Diana. Apollo trzyma w rękę strzałę, którą wskazuje dany dzień w roku.

Zegarowy ten kalendarz nie tylko zmienia swoje wskazania w roku przestępnym, ale specjalny mechanizm uwzględnia te lata przestępne, w których w ciągu czterystu lat trzy dni są omijane.



Rys. 212. Trzeci zegar katedry sztrasburskiej działający dotychczas



Rys. 213. Schematyczny przekrój obecnego zegara sztrasburskiego

Między datami 31 grudnia i 1 stycznia umieszczone są słowa: „początek roku zwykłego“. Jeżeli przypada rok przestępny, to słowo „zwykły“ znika, a między datą 28 lutego i 1 marca dochodzi jeden dzień.

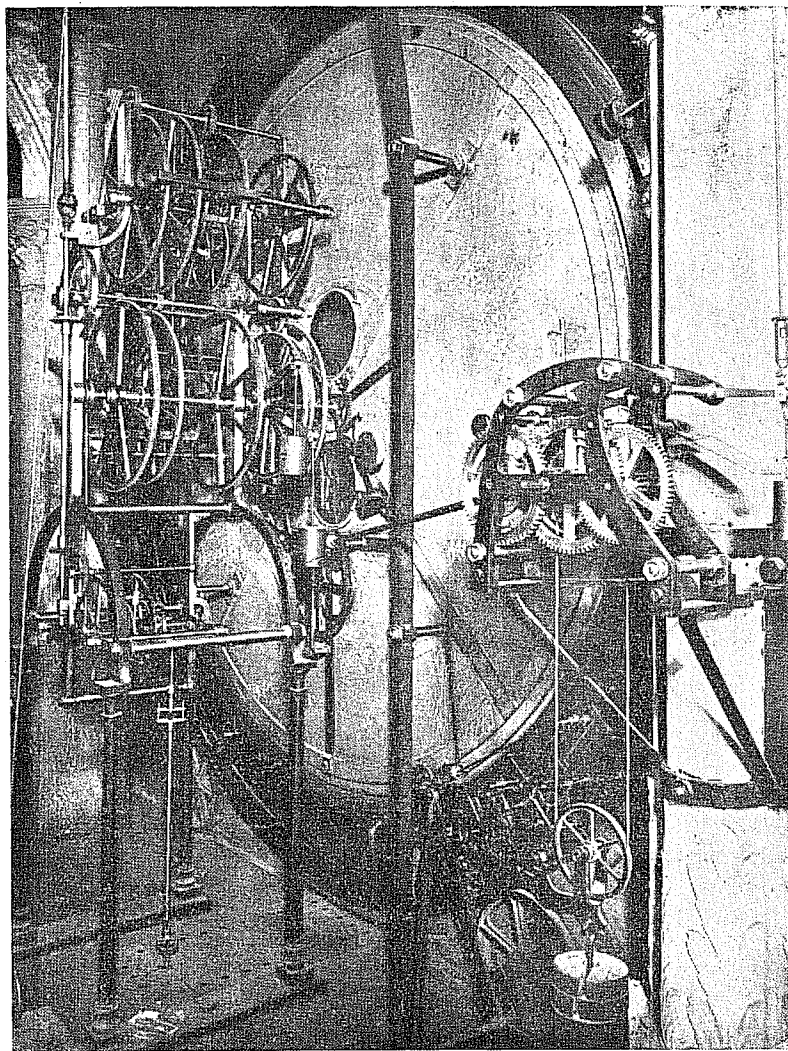
Na środkowej części tarczy kalendarza jest kilka wskazówek, z których każda ma swoje zadanie. Jedna np. wskazuje miejscowy czas średni, inna czas wschodu i zachodu słońca, dalsze określają czas średni strefowy, codzienny ruch księżyca, jego kwadry, zaćmienia słońca i księżyca. Przekładnia wskazań tych wskazówek umieszczona jest pod wypukłym kołem na środku tarczy. Na rys. 214 przedstawiony jest widok mechanizmu wiecznego kalendarza. Widok ten daje nam pewne wyobrażenie o tym, jak skomplikowane jest takie urządzenie.

W czterech rogach wiecznego kalendarza znajduje się przedstawienie czterech alegorycznych mocarstw świata.

4. Kalendarz kościelny

Z lewej strony wiecznego kalendarza jest *kalendarz kościelny*, który ma najbardziej skomplikowaną część urządzeń sztrasburskiego zegara. Na sześciu tarczach-pierścieniach tego kalendarza możemy odczytać:

1. liczbę aktualnego roku;
2. cykl słoneczny, będący okresem 28 lat, w których dni tygodnia przypadają na tę samą datę;
3. złote liczby czyli cykl księżycowy, będący okresem 19 lat, po którym pełnia księżyca znowu przypada w tym samym dniu miesiąca;
4. „celne“ liczby rzymskie, będące okresem 15 lat, które nie przedstawiają właściwie wskazań astronomicznych, lecz tylko dawne terminy handlowe;
5. litery niedzielne w kalendarzu kościelnym, służące do oznaczania niedziel w poszczególnych latach;
6. ile dni upłynęło od nowiu.



Rys. 214. Mechanizm za tarczą wiecznego kalendarza powodujący ruch wskazówek. Z prawej strony mechanizm napędzający główne koło kalendarza

Wskazówki na tych tarczach odbywają obroty w różnych odinkach czasu. Np. wskazówka cyklu słonecznego obraca się raz na 28 lat, wskazówka cyklu księżycowego raz w 19 latach.

Mechanizm liczby roku (podwójne koło u góry) składa się z czterech oddzielnych pierścieni. Każdy z tych pierścieni ma 10 cyfr. Pierścień z jednostkami obraca się raz na 10 lat, drugi pierścień z dziesiątkami lat obraca się raz na sto lat, pierścień setny — raz na 1000 lat, tysięczny zaś pierścień obraca się raz na 10 000 lat.

Należy przy tym zauważyć, że twórca ostatniego zegara sztrasburskiego nie miał właściwie mechanizmu kalendarza kościelnego, na którym mógłby się wzorować.

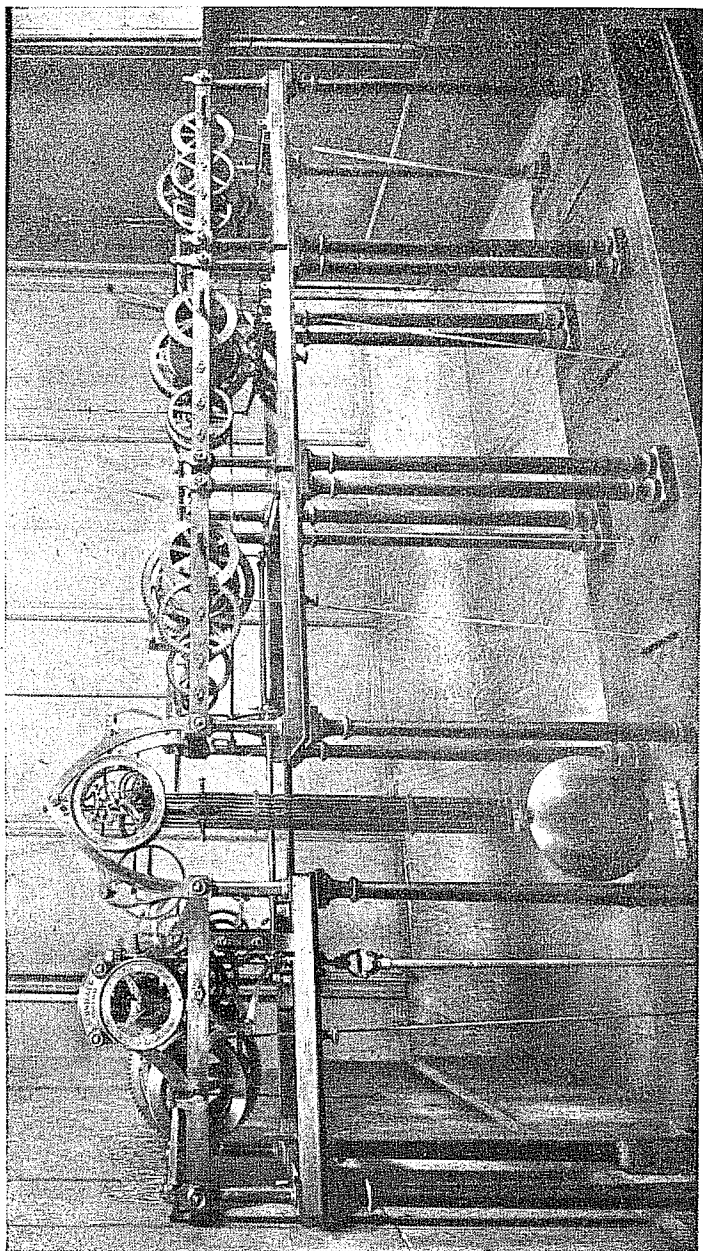
Z prawej, przeciwległej strony kalendarza kościelnego, jest urządzenie powodujące odpowiednie nachylenia obracającego się słońca i księżyca na środkowej tarczy kalendarza oraz globusu, stojącego przed tarczą kalendarza na posadzce.

5. Główny zegar

Główny mechanizm zegarowy, nakręcany co 8 dni, porusza wskazówki wskazujące czas średni. Tarcza tego zegara mieści się na poziomie pierwszej, tzw. „lwiej galerii“. Według tego zegara regulowane są wszystkie inne mechanizmy (rys. 215).

Główny zegar ma tarczę o średnicy 80 cm i dwie pary wskazówek: połączone wskazówki wskazują miejscowy czas średni, posrebrzane zaś czas zachodnio-europejski.

Mechanizm tego zegara ma wychwyty Grahama z długą kotwicą i sprężynowym, pośrednim napędem, naciągany przez główny obciążnik co pięć sekund. Obciążnik ten wiszący na wielokrążku znajduje się w wieży „koguciej“. Wahadło jest sekundy, rusztowo - kompensacyjne. Główny napęd, przekładnię chodu i pędnie do głównego zegara widać po lewej stronie wahadła. Stąd prowadzą inne pędnie i cięgna poruszające lub tylko włączające globus, kalendarze, planetarium i figury.



Rys. 215. Widok mechanizmu głównego zegara

Mechanizm z prawej strony wahadła służy do poruszania figur przedstawiających cztery etapy życia ludzkiego.

Następny mechanizm na prawo włącza bicie kwadransów, a ostatni na prawo od wahadła służy do odliczania wybijanych godzin.

6. Planetarium

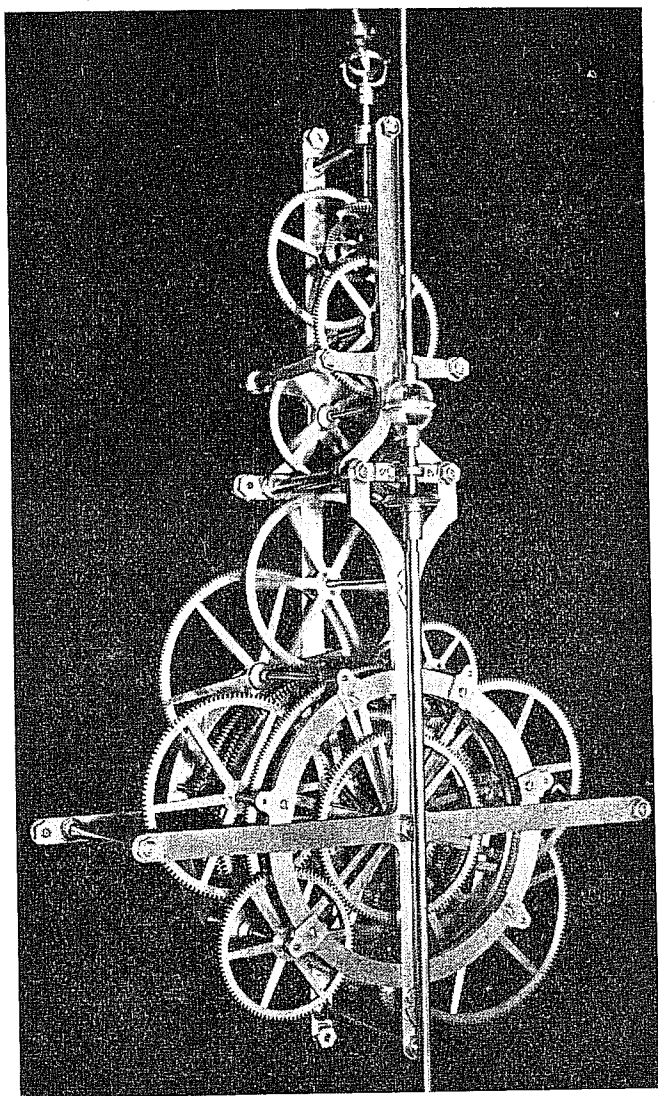
Nad „lwią galerią“ w zagłębieniu znajduje się planetarium Kopernika o średnicy 2,20 m, na którym sześć planet wykonują obroty naokoło słońca, a księżyc naokoło ziemi. Jeżeli chcielibyśmy ustalić, w którym miejscu sklepienia niebieskiego jest dana planeta, wystarczy spojrzeć na to planetarium. Każda z planet ma proporcjonalną wielkość. Na wewnętrznej powierzchni planetarium błyszczą gwiazdy, wschodzi i zachodzi słońce i księżyc. Na zewnętrznym obwodzie tego planetarium umieszczono 12 znaków zodiaku. W czterech rogach planetarium usymbolizowane są cztery pory roku. Mechanizm przedstawiony na rys. 216 porusza planety na planetarium i księżyc.

Odległość Uranu do Słońca jest tak duża, że zabrakło już miejsca na powierzchni planetarium. Natomiast Neptun i Pluton zostały odkryte dopiero po uruchomieniu zegara (1846 i 1930 r.). Na planetarium mieści się kula księżyca, którego połowa jest zaciemniona, wskutek czego obracając się ukazuje swoje fazy

7. Ruchome figury

Podróżnych, zwiedzających katedrę, interesują najbardziej nie kalendarz i nie planetarium, ale wiele mechanicznych figur, które ruchem swoim ożywiają całą złożoną budowę zegara.

Obok głównej tarczy zegara umieszczone są dwa aniołki. Pierwszy z nich trzyma dzwonek, w który uderza co 15 minut, wydzwanając kwadransy. Drugi aniołek trzyma w rękach zegar piaskowy odwracając go co godzinę po wydzwonieniu czwartego kwadransa.



Rys. 216. Widok mechanizmu planetarium i .księżycyca

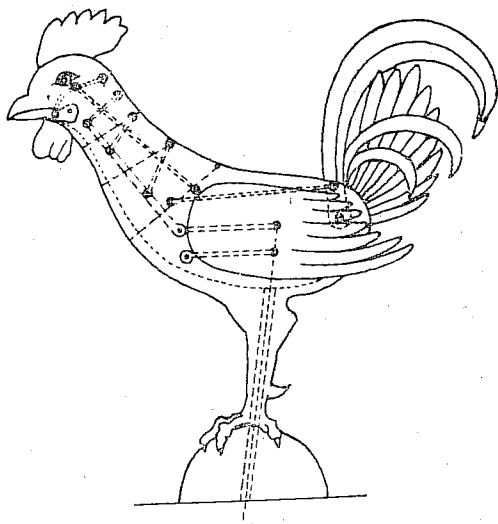
Symboliczne figury siedmiu dni tygodnia, ukazujące się na galerii pod głównym zegarem, wykonane są z drewna i przymocowane na tarczy, która obraca się raz w tygodniu. Symbolizują one poszczególne dni według starożytnych pojęć, a mianowicie: niedzielę symbolizuje bóg słońca Apollo, poniedziałek — bogini Diana, wtorek — Mars, środę — Merkury, czwartek — Jowisz, piątek — Wenus, a sobotę — Saturn.

W górnej części tego zegara, nad tarczami znajdują się jedna nad drugą dwie małe galerie. Figury ukazujące się co kwadrans w niższej galerii symbolizują etapy życia ludzkiego i przedstawiają: w pierwszym kwadransie dziecko z piłką, w drugim kwadransie młodzieńca z łukiem i strzałą, w trzecim — mężczyznę w hełmie i z mieczem. Gdy wybija czwarty kwadrans, nadchodzi zgrzybiały starzec, a za nim z chwilą uderzenia całej godziny postępuje śmierć z kosą w rękę wystukując piszczelą ilość godzin. Tak więc w przeciągu jednej godziny przesuwają się przed naszymi oczami symbole ludzkiego życia przypominając o jego znikomości. Figury te są tak urządzone i poruszane, że imitują ludzki chód, stosownie do wieku, jaki przedstawiają.

W galeryjce, umieszczonej pod szczytem, stoi zamartwychwstały Chrystus Pan, przed którym, z uderzeniem 12 godziny w południe, przechodzi 12 Apostołów. Każdy z nich na chwilę się zatrzymuje i skinieniem głowy pozdrowia Zbawiciela. otrzymując Jego błogosławieństwo. Gdy nadchodzi św. Piotr, wówczas połączany kogut (metr wysoki), znajdujący się na szczycie bocznej wieżyczki, rusza trzy razy skrzydłami i ogonem, podnosi głowę, otwiera dziób, wysuwa język i wydaje trzykrotny głos: „kukuryku“!

Kogut ten był sztuką mistrzowską średniowiecznego kowala. Kunsztowny ten mechanizm w znacznej mierze przyczynił się do tego, że zegar sztrasburski stał się tak sławny. Jest on jedyną częścią zegara, która przetrwała od 1354 r. i w dalszym ciągu jest czynna. Mechanizm ten odznacza się jeszcze tym, że nie ma

żadnych śrub ani nakrętek, a wszystkie części i dźwignie połączone są klinami i kołkami.



Rys. 217. Schemat mechanizmu sztrasburskiego koguta

Od 6 wieczorem do 6 rano, tak Apostołowie jak i aniołki nie są czynne natomiast śmierć dzień i noc wybija godziny.

8. Zakończenie

Na szczytowym zakończeniu tego zegara stoi w środku figura proroka Izajasza, po rogach figury czterech Ewangelistów, a nad nimi czterech Serafinów.

Na lewej wieżycze, pod kogutem, widać postać muzy astronomii, Uranii, niżej postać rycerza, a u dołu portret naszego rodaka, ks. Mikołaja Kopernika (1—27).

W wolnych płaszczyznach obudowy zegara, poniżej głównego zegara umieszczone są artystyczne malowidła, które przedstawiają stworzenie świata, wskrzeszenie zmarłego, sąd ostateczny itp.

Cały zegar sztrasburski jest wysoki przeszło 17 m i ma jeszcze dodatkową tarczę umieszczoną nad drzwiami wejściowymi,

prowadzącymi z placu zamkowego do katedry. Tarcza ta ma średnicę 3,20 m.

Zegar sztrasburski jest tak obliczony i wykonany, że wszystkie dane i wskazania astronomiczne przewidziane są na przeciąg ponad 25 000 lat.

W noc Sylwestrową, o godzinie 12, zegar samoczynnie nastawia wszystkie swoje wskazania na cały rok następny i układa kalendarz, tak wieczny jak i kościelny, uwzględniając przy tym rok przestępny lub zwykły.

Z prawej strony zegara widoczne są schody kręcone, które służą do lepszej obserwacji zegara i umożliwiają wejście na wyższe kondygnacje.

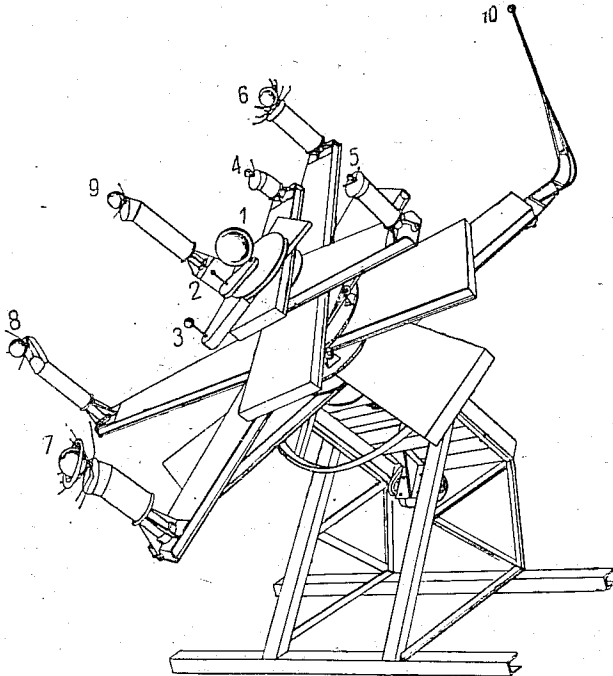
Po śmierci twórcy zegara J. B. Schwilgue'go w 1856 r. konserwacją tego zegara zajmuje się sztrasburska fabryka zegarów wieżowych Ungerera. W czasie drugiej wojny światowej cały zegar został rozebrany i zabezpieczony. Po zakończeniu zaś wojny zmontowano go z powrotem na swoim miejscu i uruchomiono.

E. PLANETARIA

Przy końcu opisów zegarów planetarnych wydaje się konieczne zwrócić uwagę, że nie należy ich utożsamiać z planetariumami. Zegar bowiem planetarny służy, jak wiemy, przede wszystkim do wskazywania czasu, a z głównym mechanizmem czasomierniczym połączone są inne mechanizmy, które w miarę upływu czasu przedstawiają nam w zmniejszeniu, ale w naturalnej szybkości obrotów, ruchy poszczególnych planet. Planetaria natomiast nie mają na celu wskazywania czasu, ale w krótszym okresie czasu uwidaczniać wzajemne położenia i ruchy wielu ciał niebieskich.

Dawniejsze planetaria podobne były do urządzeń zegarów planetarnych, gdyż mieściły się w zwykłych pomieszczeniach, w których na ruchomych konstrukcjach przytwierdzone były

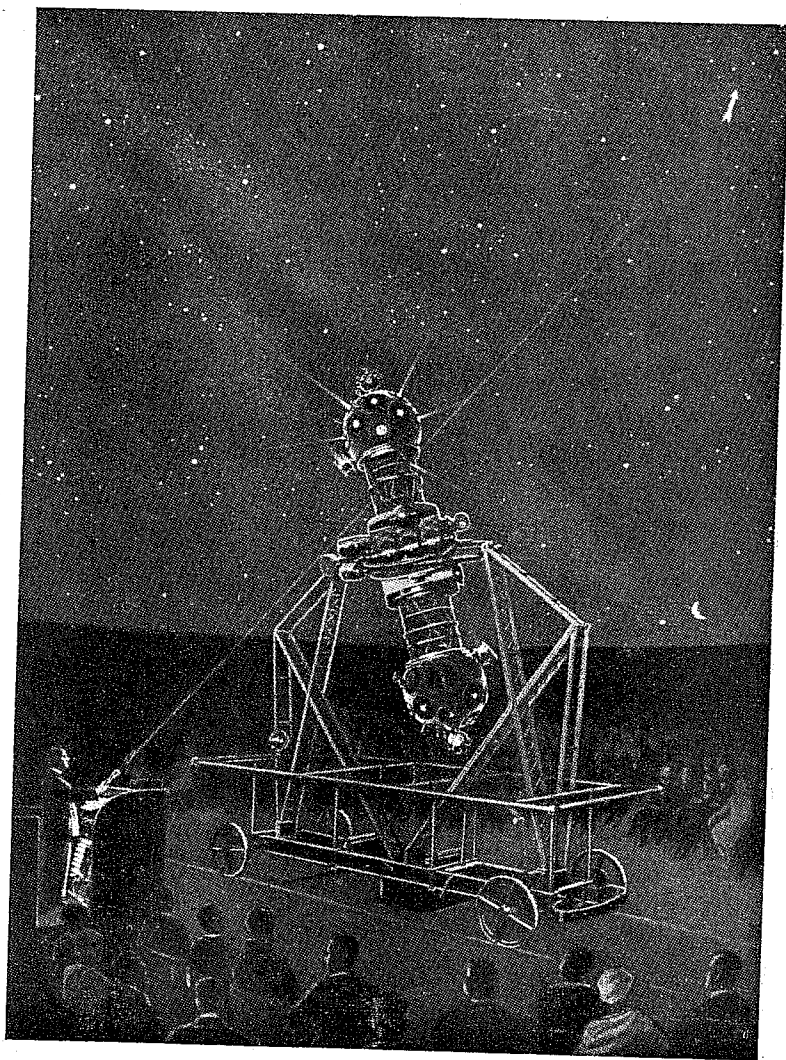
odpowiedniej wielkości lampy lub kule imitujące dane planety i wszystkie razem wprawiane w ruch dosyć skomplikowaną maszyną. Dokładnej zaś obserwacji mogła dokonywać powyżej jedna osoba.



Rys. 218. Widok urządzenia małego, szkolnego planetarium dawnego typu, którym można uwidocznić tylko ruchy planet z księżycami naszego systemu słonecznego:

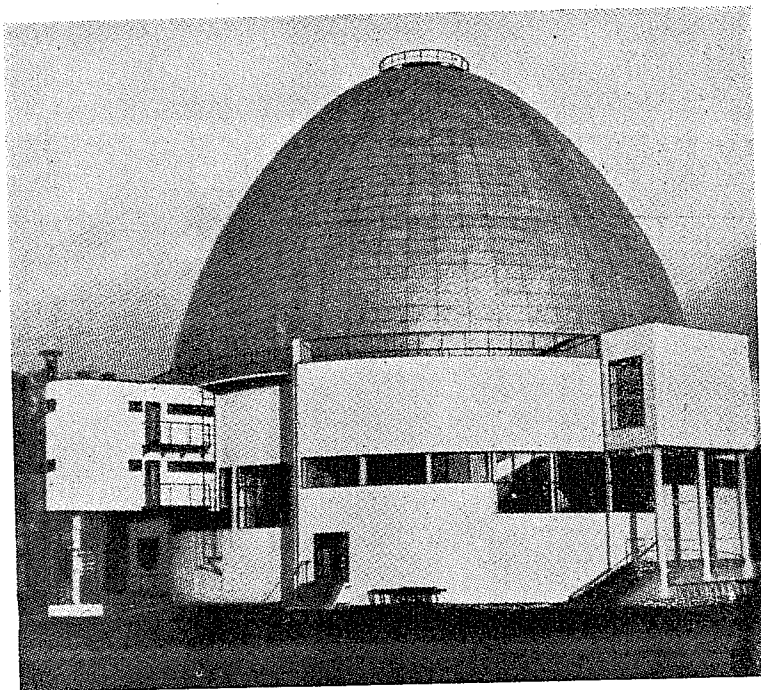
- 1 — Słońce, 2 — Merkury, 3 — Wenus, 4 — Ziemia, 5 — Mars,
6 — Jowisz, 7 — Saturn, 8 — Uran, 9 — Neptun, 10 — Pluton.

Od 1924 r. planetaria budowane są na innej zasadzie. Mianowicie buduje się duży ekran w kształcie półkuli o promieniu 20—30 m. W środku tej półkuli mieści się ruchoma aparatura projekcyjna, która rzuca na ten ekran światła odpowiedniej wiel-



Rys. 219. Nowoczesne urządzenie planetarium

kości. Światła te przesuwają się w określony sposób po ekranie i tak imitują ruchy otaczających nas ciał niebieskich.



Rys. 220. Widok zewnętrzny planetarium w Moskwie

Jak widzimy na rys. 219, naokoło aparatury projekcyjnej siedzi kilkaset osób obserwujących na sklepieniu ekranowym ruchy ciał niebieskich. Prelegent natomiast, widoczny po lewej stronie, ma przed sobą tablicę rozdzielczą do uruchomienia odpowiednich silników i świateł. W rękę zaś trzyma specjalną lampkę elektryczną, którą rzuca zarys wskazówki na kopułę ekranu, wskazując nią omawiane planety. Aparatura taka zawiera w sobie blisko sto lamp projekcyjnych, które wyświetlają na ekranie około 5400 gwiazd od pierwszej do szóstej wielkości.

Ale nie tylko gwiazdy i planety, lecz nawet i Drogę Mleczną.

Cała aparatura jest w ten sposób urządzona, że to, co się dzieje na niebie w ciągu doby, możemy prześledzić w ciągu kilku lub kilkunastu minut na ekranie.

Planetaria są inwestycją dosyć poważną, ale o tak doniosłym znaczeniu naukowym i wychowawczym, że Rząd Radziecki jeszcze w 1930 r. zbudował planetarium w Moskwie (rys. 220).

Planetarium jednoczy w sobie szkołę, teatr i film. Jest salą wykładową pod niebieskim sklepieniem i teatrem, gdzie ciała niebieskie są aktorami.

LITERATURA

z której korzystał przy opracowaniu 5. części „Zegarmistrzostwa“

W języku polskim:

- Bąkowski S. i Sobiński I.: „Fizyka z maszynoznawstwem ogólnym“, Warszawa 1948.
- Ilijin M.: „Która godzina“ — Kraków 1949.
- Kraiński M. Inż.: „Mechanika Techniczna“ — Warszawa 1949.
- Kucharzewski F.: „Zegarmistrzostwo Kochańskiego“ — Warszawa 1911.
- Lewicki T. Mgr Inż.: „Części maszyn“ — Warszawa 1951.
- Mięsowicz M.: „Katalog Fabryki Zegarów Wieżowych“ — Krosno 1930.
- Moszyński W. Dr Inż.: „Wykład elementów maszyn“, Część 1—3 Warszawa 1948—1951.
- Ochęduszek K. Inż.: „Koła zębate“, część 1—3 — Warszawa 1947 — 1950.
- Pagaczewski J.: „Ruch planet“ — Warszawa 1950.
- „Poradnik Rzemieślnika-Mechanika“ — Warszawa 1949.
- „Poradnik Techniczny - Mechanik“, tom I—II — Warszawa 1949.
- Sieklucki J. Inż.: „Zarys mechaniki technicznej. Statyka - Kinematyka-Dynamika“ — Warszawa 1950.
- Sievert H.: „Podręcznik dla zegarmistrzów“ — Bydgoszcz 1939.
- Strojny B.: „Zarys nauki o zegarze“ — Poznań 1938.
- Wiszowaty K. Inż.: „Technika drobnych konstrukcyj“ — Warszawa 1948.
- Wiśniewski J. Ks.: „Podręcznik historii muzyki kościelnej“ — Pelplin 1934.

Czasopisma:

- „Horyzonty Techniki“, miesięcznik, Warszawa 1948 i 1949.
- „Złotnik i Zegarmistrz“, miesięcznik — Poznań 1938 i 1939.
- „Urania“ (czasopismo astronomiczne) — Kraków 1948 i 1949.

W językach obcych:

- Akselrod Z. M.: „Czasowyje mechanizmy“ — Moskwa-Leningrad 1947.
- Bock H. Dr Inż.: „Die Uhr“ — Berlin 1917.
- Brauns W.: „Lehrbuch für das Uhrmacherhandwerk“ — Halle (Saale) 1951.
- Chapuis A.—Droz E.: „Les Automates“ — Neuchatel 1949.
- Dietzschold C.: „Die Hemmungen der Uhren“ — Krems a. Donau 1905.
- Dietzschold C.: „Abriss der Getriebelehre“ — Krems a. Donau 1905.
- Eppner A.: „Uhrenfabrik-Katalog“ — Silberberg-Breslau 1901.
- Fried B. H.: „The Watch Repairer's Manual“ — London 1949.
- Gordon G. F. C.: „Clockmaking Past and Present“ — London 1949.
- Gruber A.: „Leitfaden für die Gehilfen — und Meisterprüfung im Uhrmacherhandwerk“ — Leipzig 1938.
- Hanke I.: „Die Uhrmacherlehre“ — Leipzig 1923.
- Haswell I. E.: „Horology“ — London 1947.
- Helwig A.: „Differentialwerke“ — Leipzig 1929.

- James E.: „Die Lehre von Schlagwerken und Repetitionen“ — Bautzen 1903.
- Jordan-Bassermann E. Dr.: „Uhren“ — Berlin 1920.
- Kistner A.: „Die Historische Uhrensammlung Furtwangen“ — Furtwangen 1925.
- Krause A. Dr.: „Himmelskunde für Jedermann“ — Stuttgart 1941.
- Krumm G. A. Inz.: „Lehrgang für den Fachzeichnenunterricht des Uhrmachers“ — Leipzig 1925.
- Krumm G. A. Inz.: „Leitfaden für den Uhrmacher Fachunterricht“ — Berlin 1929.
- Kühn E.: „Grundriss vom Aufbau der Uhr“ — Ulm (Donau) 1949.
- Lavest R.: „Grundlegende Kenntnisse der Uhrmacherei“ — Biel 1947.
- Lechotzky L.: „Uhrenkunde mit Fachzeichnen“ — Wien 1949.
- Normalzeit — Uhren: „Uhrenkatalog“ Breslau 1938.
- Rawlings A. L.: „The Science of Clocks and Watches“ — London 1948.
- Sander W. Prof.: „Uhrenlehre — Grundsätze für Konstrukteure“ — Leipzig 1923.
- Saunier C.: „Lehrbuch der Uhrmacherei“ — Berlin 1915.
- Saunier C.: „Lehrbuch der Uhrmacherei in Theorie und Praxis“ — Leipzig 1925.
- Scheibe K.: „Uhr und Strom“ — München—Berlin 1943.
- Tiessen F.: „Die Hauptuhren und Nebenuhren“ — Berlin 1939.
- Tremayne A.: „Everybody's Clocks“ — London 1941.
- Ungerer A.: „L'Horloge Astronomique de la Cathedrale de Strasbourg“ — Strasbourg 1922.
- Ungerer A.: „Anleitung zur Turmuhren“ — Berlin 1920.
- Ungerer A.: „Les Horloges d'Edifice“ — Paris 1926.
- Unterwagner E.: „Die Feinstellung der Kleinuhren“ — Ulm (Donau) 1949.
- Zacharias J.: „Elektrotechnik für Uhrmacher“ — Berlin 1920.

Czasopisma:

- „Der Uhrmacher“, miesięcznik — Graz 1951.
- „Deutsche Uhrmacher - Zeitung“, miesięcznik — Berlin 1940 i 1941.
- „Deutsche Uhrmacher - Zeitschrift“, miesięcznik — Stuttgart 1949 i 1950.
- „Deutscher Uhrmacher-Kalender“ — Berlin 1919.
- „Horological Journal“, miesięcznik — London 1948 i 1950.
- „Journal Suisse d'Horlogerie“, miesięcznik — Lausanne 1949 i 1950.
- „Neue Uhrmacher Zeitung“, miesięcznik — Ulm 1948—9.
- „Die Schweizer Uhr“, dwutygodnik — Solothurn 1947 i 1950.
- „Schweizerische Uhrmacher - Zeitung“, miesięcznik — Lausanne 1944 i 1949.
- „La Suisse Horlogere“, miesięcznik — La Chaux de Fonds 1948.
- „Uhrmacher-Jahrbuch“ (kalendarz) — Ulm (Donau) 1952.

SKOROWIDZ ALFABETYCZNY

Liczba oznacza stronę. Numeracja stron poprzedzona jedyneką, dwójką itd. z łącznikiem oznacza, że dane zagadnienie opisane jest również w pierwszej, drugiej lub dalszej części „Zegarmistrzostwa“.

A

amplituda 156, 220

B

balans 20, 215
bezwładność 31
bęben 67
bicie godzin i kwadransów, p. mechanizm bicia

C

chodzik 30
chód (ustawianie) 241
chwyt wałka naciągowego 25, 79
ciągnio 292
cykloidalny zarys zęba 111
czas średni słoneczny 4—31, 5—388
czasomierz mechaniczny 19
człon mechanizmu 21, 51
czop 118

D

długość wahadła, p. wahadło
drążek wahadła, p. pręt wahadła
dzwony 306
— dzwonicie elektryczne 315
— miskowe 316
— określenia części 311
— stalowe 309
— technika odlewu 310
— umieszczenie 316
— urządzenia alarmowe 317
— żaluzje 317
dzwignia 34

E

elektryfikacja zegarów 321
energia kinetyczna 39
— mechaniczna 19
— potencjalna 39
ewolwenta 88
ewolwentowy zarys zęba 90

F

fazy bicia 277
foliot, p. kolebnik

I

impuls 156, 162, 168
instalowanie zegarów wieżowych 336
izochronizm 157, 214

K

kąt rozstępu palet 172
— wzniosu (palety) 166
kolebnik 1—26, 5—160
koło 23
— naciągowe 79
— napędowe 67
— nastawcze 141
— przeciwapadkowe 56
— wychwytowe 156
— zapadkowe 70
— zębate 90, 95
— — obliczanie 100
— — średnica podziałowa 100
kółwica 2—150, 5—156, 172
kółko 23
krążek 63
krzyż maltański 98
kuranty, p. zegar z kurantami

L
lina 59
— do młotka, p. ciągnio

Ł
łożysko 117
— krążkowe 131
— kulkowe 120
— — wahlliwe 132
— kwadratowe 120

M
maszyny proste 34
mechanizm chodu 25, 349
— bicia 271
— — ciągnia 292
— — długość liny 289
— — godzin 275
— — kwadransów 273
— — młotki 295
— — napęd 288
— — zespolony 285
— wskazówkowy, p. przekładnia
wskazań
— zegara 21, 27, 46, 49
mierzenie siły 33
młotki 295
— ciężar 296
— elektryczne 335
— uderzenia 304
moduł 92, 102
moment obrotowy 33
— siły 33
montaż zegara, p. instalowanie

N
naciąg 23, 78, 321
— bezpośredni 323
— elektryczny 321
— korbowodowy 325
— łańcuchowy 323
— ręczny 78
— różnicowy 329
— ślimakowy 327
— — zespolony 328
nakręcanie zegara 80
nakrętka regulacyjna 215, 243
napęd 23, 55

napęd mechanizmu bicia 288
— pomocniczy 73
— — dźwigniowy 75
— — obciążnikowy 76
— — różnicowy 77
— — sprężynowy 76
— pośredni wychwyty 145
— — — obciążnikowy 147
— — — różnicowy 149
— — — ulepszony 153
— — — sprężynowy 146
nastawianie wskazówek 143

O
obciążnik 57
obliczanie koła zębatego, p. koło
zębate
— wahadła 226
obudowa zegara wieżowego 319
— — dworcowego i ulicznego 354
odpad 168
okres wahnięcia 220
oś 67, 117
oświetlenie tarcz i wskazówek 261
— — — odblaskowe 353
— — — kinkietowe 262
— — — reflektorowe 262
— — — skrzynkowe bezpośrednie 266
— — — odblaskowe 267
— — — tulejowe 263
— — — wewnętrzne 265
— — — włączanie samoczynne 269
— — — zewnętrzne boczne 264

P
paleta 2—78, 5—155, 166
pędnia 122, 351
planetaria 400
podział zegarów 4—46, 5—29
powierzchnia wzniesienia, p. wznios
praca mechaniczna 38
prawa mechaniki 30
pręt wahadła 215, 236
przeciwzapadka 74
przegub 124
przekładnia chodu 23, 81
— bicia 292
— obiegowa 149
— opóźniająca 81

przekładnia planetowa 149
— przyspieszająca 81
— różnicowa 149
— ślimakowa 97
— wewnętrzna 96
— wskazań 24, 133
— — obliczenia 135
— — przełożenie 135
— — ułożyskowanie 137
— zewnętrzna 96
przenoszenie siły napędowej 107
przyleganie 43
przyspieszenie ziemskie 223, 226

R

ramię siły 33
regulacja amplitudy 244
— wahadła 242
— zegara 242
regulator (wahadło) 156, 213
rozrząd 128
rozstęp palet 172
równia pochyła 36

S

„sgraffito“ 4—51, 5—343
siła 32
— ciężkości 32
skos, p. wznios
soczewka wahadła 237
spad 167, 168
spoczynek 167, 168
sprawność maszyny 39
sprężynka wahadła 1—30, 2—137,
5—235
sprzęgło Cardana, p. przegub
— widelkowe 127
— — nastawne 127
stracona droga 168, 240
szafa, p. obudowa
szkielet 50

Ś

ślimacznicza 97
ślimak 97
światło, p. oświetlenie

T

tarcie 39, 110
— na paletach 169
tarcza 245, 352

tarcza ażurowa 247
— jednorzędowa 354
— kontrolna 143
— literowa 254
— metalowa 246
— mozaikowa 241
— podziałka 252
— powierzchnia 251
— szklana 248
— transparentowa 248
— umocowanie 256
— w tynku 249, 343
— wymiary 252.

U

urządzenie alarmowe 317
— nastawcze 24, 140
— przeciwwypadkowe 56, 74
— sygnalizacyjne 344
— zapadkowe 56, 70
ułożyskowanie pędni 131

W

wahadło 156, 213
— długość 221
— długość zredukowana 222
— fizyczne 221
— matematyczne 219
— obliczanie 226
— rzeczywiste, p. wah. fizyczne
— sekundowe 219
— stożkowe 219
wahanie 20, 220
wałek naciągowy 79
wałek pędni 123
widelec, p. sprzęgło widełkowe
— nastawny, p. sprz. wid. nastawne
widełki 216
wielokrażek 65
wrzeczono, p. balans
wskazówki 2—142, 5—258, 352
— długość 260
— starodawne 259
współczynnik tarcia 40
wychwył 24, 155
— Bloxama 202
— ciężeniowy, p. wychwył wolny
— cofający 157
— Denisona 204
— Galileusza 217

wychwył Grahama 164
— — działanie 166
— — z długą kotwicą 174
— — ze wzniosem na zębie i pa-
lecie 180
— — z wymiennymi paletami 178
— Harrisona 195
— łopatkowy, p. w. wrzecionowy
— Mannhardta — nożycowy 189
— — wolny 210
— Mudge'a 196
— nożycowy 184
— spoczynkowy 157
— sprężynowy, p. w. wolny
— szpindlowy, p. w. wrzecionowy
— Tiede'a 198
— westminsterski, p. w. Denisona
— Winnerla 196
— wolny 158, 195
— wrzecionowy 1—20, 5—160
wyzwalacz elektryczny 332
wznios 166

Z

zapadka 72
zarys zębów, p. ząb
zawieszka 232
zazębienie 84
— cykloidalne 111

zazębienie ewolwentowe 114
— — korygowane 116
— zegarowe 112
ząb 86
— koła zapadkowego 70
— zarys cykloidalny 86
— — ewolwentowy 91
zegar 30
— mechaniczny—schemat 22, 25
— dworcowy 345
— figularny 364
— kariolowy, p. z. z kurantami
— parkowy 349
— planetarny 376
— publiczny na boiskach 355
— sztrasburski 387
— uliczny 345
— wielki 30
— — specjalny 357
— wieżowy 30, 45
— z kurantami 357
zegarek 30
zębnik 81
— frezowany, p. z. pełny
— latarkowy, p. z. palcowy
— palcowy 83
— pełny 83

Z

żałuzje 317

Planowane szczegóły następnej części

Szosta część „Zegarmistrzostwa“ — jako dalszy ciąg teorii zegarów mechanicznych — będzie obejmować zasady konstrukcji i działania *domowych* zegarów mechanicznych.

Tytuły ważniejszych rozdziałów będą następujące:

I. *Zasadnicze wiadomości o domowych zegarach mechanicznych.*

II. *Chodziki obciążnikowe (zegary wagowe):* wiadomości wstępne, szkielety, napędy, naciągi, przekładnie chodu, zazębienia, przekładnie wskazań, urządzenia nastawcze, wychwyty, regulatory, tarcze i wskazówki, obudowy.

III. *Chodziki sprężynowe.*

IV. *Zegary bijące:* rodzaje i podziały, połączenia z chodzikiem, napędy bicia, naciągi, przekładnie, włączanie, zalot, odliczanie, bicie, hamowanie, zatrzymywanie, mechanizmy bicia kwadransów.

V. *Budziki:* rodzaje i podziały, połączenia z chodzikiem (nastawianie), napędy budzenia, naciągi, przekładnie budzenia, włączanie, wychwyty budzikowe, budzenie, zatrzymywanie, tarcze i wskazówki, obudowy.

VI. *Domowe zegary specjalne:* astronomiczne (Rieflera, Strassera i precyzyjne), zegary roczne, zegary grające (kuranty, muzyczki, pozytywki), zegary figuralne, planetarne, zegary o napędzie wyjątkowym, jak napęd kulkowy, bilonowy, napęd polegający na zastosowaniu zębátky, pochylni, na wykorzystaniu ciśnienia atmosferycznego, zmian temperatury („Atmosy“), światła; i wreszcie zegary o tarczach niezwykłych, takich np., gdzie funkcje wskazówek pełnią „oczy“.

Witajcie miłośnicy zegarmistrzostwa ☺,

Niniejszym prezentuję pierwszy w Polsce i na Świecie
zarchiwizowany komplet polskiej literatury zegarmistrzowskiej.

Zachowany na wieki wieków dla potomnych w postaci cyfrowej.

Mam nadzieję, że ta nietypowa publikacja przyczyni się do
podtrzymania tego fachu przed wymarciem i dzięki takim hobbystom
jak ja i Wy, upowszechni się masowo choćby dzięki usługom przez internet.

Jeżeli natraficie na rzadkie pozycje z tej dziedziny, dajcie proszę znać
i w miarę technicznych możliwości dodam ją do obecnego kompletu
12-stu tomów „Zegarmistrzostwa” Podwapińskiego, polskiego Sieverta
„Podręcznik zegarmistrza” z 1939 roku, „Nowoczesnego zegarmistrza”
Jendritzkiego, „Słów kilka...” Czapka z 1850 roku i innych.

Miłej lektury ☺

Piotr Samulik

8 . 1 . 1 1 0 0 1

