



LUGEJATELE.

1. Hoidke raamat määrdimise ja rikkumise eest, sest ta ei ole mitte ainult Teie, vaid ka kõigi teiste tarvitamiseks.
2. Mässige raamat paberisse, et ta teel koju ehk kodusse mustaks ega märjaks ei saaks.
3. Ärge lehitsege raamatut musta ja märja käega. Ärge kirjutage ega kriipsutage raamatusse. See teeb raamatu inetuks.
4. Ärge murdke lehenurki. Ärge pange pliiatsit, sullepead ega teisi suuremaid asju raamatu wahele. See lõhub köidet.
5. Ärge keerake raamatut kahekorra, siis murdub raamatu selg ja lehed rebenewad lahti.
6. Käige raamatuga õrnalt ümber, siis seisab ta kauem ja raamatukogu võib selle asemel, et raamatute parandamise peale raha kulutada, rohkem uusi raamatuid osta.
7. Tooge raamat õigeaks ajaks tagasi. See kergendab raamatukogu tööd ja võimaldab teistele, kes lugeda sooviwad, raamatu saamist

Tallinna linna raamatukogu.

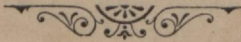
80

6.409.



СПУТНИКЪ

МЕХАНИКА.

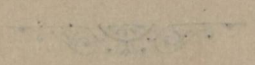


1905



СПУТНИКЪ

АННА

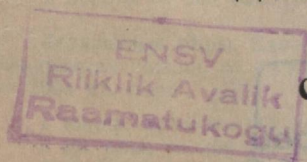




V 6 1769 6.409.

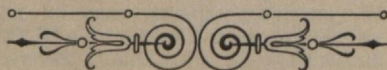
„Спутникъ Механика“.

Справочная настольная книга
для механиковъ.



Съ 130 рисунками.

Составилъ технологъ П. А. Федоровъ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Изданіе журнала „Техника, Ремесла и Сельско - Хозяйственная Архитектура“.

I) Знаменская ул., № 15. II) Вознесенскій 21.

1905.



„Грутинка“

„Александр“

Дозволено цензурю С.-Петербургъ 8 Декабря 1904 г.

Типографія М. Михайловой, Фонарный, 9.

EESTI
RAHVUSRAAMATUKOGU
2-00-04408



0. ПЕТЕРБУРГЪ
Въ Петербургѣ, въ Александровскомъ саду, въ домѣ № 9, въ 1904 году.
1904.

Мѣра и вѣсъ.

1. Таблица русскихъ мѣръ.

Линейныя мѣры. Основная единица линейныхъ мѣръ въ Россіи сажень = 7 фут. = 84 дюйм. = 840 линиямъ = 3 арш. = 48 вершк.

1 футъ = 12 дюйм. = 120 линиямъ.

1 аршинъ = 4 четвертямъ = 16 верш. = 28 дюйм.

1 верста = 500 саж. = 3500 фут.

Квадратныя мѣры. Единицею квадратныхъ линейныхъ мѣръ принята квадратная сажень = 49 квадрат. фут. = 7056 кв. дюйм. = 9 кв. арш. = 2304 кв. верш.

1 квадрат. футъ = 144 кв. дюйм. = 14400 кв. лин.

1 кв. арш. = 256 кв. верш. = 384 кв. дюйм. = $5\frac{4}{9}$ кв. фут.

1 кв. дюймъ = 100 кв. линиямъ = 0,3265 кв. верш.

1 кв. верста = 250000 кв. саж.

1 десятина = 2400 кв. саж. = 117600 кв. фут.

Кромѣ казенной десятины (2400 кв. саж.) въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Россіи употребляются еще слѣдующія поземельныя мѣры:

Хозяйственныя или экономическія десятины, къ которымъ относятся 1) сороковая = 3200 кв. саж., распространенная въ Южномъ краѣ и частью въ Поволжьѣ; 2) Шестидесятая = 3600 кв. саж., часто употребляется въ черноземномъ Поволжьѣ; въ Калужской губ. эта мѣра наз. полуторной. 3) Сотенная = 4000 кв. саж., употребляется въ южномъ и восточномъ Заволжьѣ. 4) Десятинная = 2500 кв. саж. встрѣчается очень рѣдко, также точно какъ и десятинная = 3400 кв. саж. 5) круговая десятина, кругъ или сотенникъ = 10000 кв. саж. употребляется особенно часто въ южной и юговосточной степныхъ мѣстностяхъ.

Лань — поземельная мѣра, не имѣющая строго опредѣленной величины. Такъ въ губ. Полтавской для сѣнокосовъ употребляется квадратъ = $160 \times 160 = 14400$ кв. саж. = 6 каз. десят.

Переѣздъ — мѣра, употребляемая въ Пермской и Вятской губерніяхъ = 1600 кв. саж.

Яромъ — употребляется въ Казанской губ. = 800 кв. саж.

Фальга — принятая въ Бессарабіи = 3125 кв. саж.

Моргъ — поземельная мѣра, принятая въ западныхъ и привислянскихъ губерніяхъ. Такъ различаютъ: 1) Новопольскій моргъ = 360 перейтовъ = 1230 кв. саж. = 0,512 десятины; употребляется въ губерніяхъ царства Польскаго. 2) Моргъ югозападной Россіи = 1317 кв. саж.; иногда эта мѣра колеблется между 1313—1360 кв. саж. 3) Моргъ въ западныхъ губерніяхъ (Минской, Ковенской и Гродненской) = 1600 кв. саж. 4) Моргъ = 1800 кв. саж. употребляется въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Гродненской губ. 4) Моргъ литовскій (Виленской губ.) = 4000 кв. саж.

Кубичныя мѣры. Въ Россіи казенной мѣрой служитъ кубическая сажень = 27 куб. арш. = 343 куб. фут. = 110592 куб. верш. = 592704 куб. дюйм.

1 куб. ф. = 1728 куб. дюйм. = 172800 куб. линіямъ.

1 куб. арш. = 4096 куб. верш.

Мѣры емкости. Надо различить два рода мѣръ емкости, употребляемыхъ въ Россіи: для жидкихъ тѣлъ и для сыпучихъ.

Для жидкихъ тѣлъ основной мѣрой служитъ ведро, которое содержитъ въ себѣ 30 фунтовъ перегнанной воды. 1 ведро = 10 кружкамъ = 0,434356 куб. фут. = 750568 куб. дюйм. = 18 штофамъ = 16 полуштофамъ = 32 косушкамъ = 64 шкаликамъ.

Для казенной продажи вина приняты слѣдующія дѣленія ведра: 4 четверти = 20 бутылкамъ = 40 полубутылкамъ = 100 соткамъ = 200 двухсоткамъ.

1 бочка = 40 ведрямъ.

Въ Привислянскомъ краѣ принята 1 кварта = 4 кватеркамъ = 1 литру = 0,081 рус. ведра.

Въ Финляндіи—1 омъ = 4 анкерамъ = 60 каннамъ = 120 штофамъ = 120 × 16 оршамъ = 12,76 рус. ведеръ.

1 канна = 2 штофамъ = 32 оршамъ = 0,12 рус. вед.

1 рижскій штофъ = $\frac{1}{2}$ канны = $1\frac{1}{2}$ бутылкамъ.

1 риж. бочка вина = 12,44 рус. ведра.

1 риж. бочка пива = $9\frac{1}{2}$ рус. ведрямъ.

1 оксфордъ = $1\frac{1}{2}$ ому = 6 анкерамъ = 30 фельтенамъ = $18\frac{2}{3}$ рус. ведрямъ.

Въ Эстляндіи 1 канна = 2 рев. штофамъ = 0,19 рус. ведра.

1 бочка = 128 рев. штоф. = 12,25 рус. вед.

Для сыпучихъ тѣлъ основная единица — четверикъ = 2,13 ведра = 0,926 куб. фут. = 8 гарнцамъ = 4 четверткамъ.

Четверикъ содержитъ 64 фунта перегнанной воды.

1 четверть = 2 осьминамъ = 8 четверикамъ = 7,40 куб. футамъ; 30 четвертей = 256 ведрямъ.

Въ Привислянскомъ краѣ 1 коржець = 32 гарнцамъ = 128 кватрамъ = 512 кватеркамъ = 4,87 рус. четв.

Въ Финляндіи 1 канна = 0,209 рус. четверика; 1 бочка (tunneri) = 30 каннамъ = 6,28 рус. четверикамъ.

Въ Лифляндіи 1 лофъ = 3 кюльметамъ = 54 рус. штофамъ = $\frac{1}{4}$ бочки = 2,62 четверикамъ.

1 бочка = 2 лофамъ = $\frac{2}{3}$ четверти.

Въ Эстляндіи 1 лофъ = 3 кюльметамъ (по 12 штофовъ) = 1,615 четверика.

1 бочка = 3 лофамъ.

Въ Бессарабіи 1 кило = 20—21 четверику.

Въ привислянскихъ и западныхъ губ. корецъ, коржець = 32 — 40 гарнцамъ.

Въ Ковенской и Витебской бочка = 4 пурамъ; 1 пура = 4 окамъ; 1 око = 8 гарнцамъ. Гарнецъ не вездѣ равенъ казенному = $\frac{1}{8}$ четверика. Величина цуры колеблется отъ 3 до 4 четверик. Принимая послѣднюю цифру, то четверть = $\frac{1}{2}$ бочки = 2 пурамъ = 8 окамъ.

Въ Виленской губ. бочка = 8 осьминамъ; осьмина = 16 — 21 гарнцамъ; четверть = 2 осьминамъ = 42 гарнцамъ; мѣра = $5\frac{1}{4}$ гарнцевъ. Въ Костромской губ. кадъ = 3 мѣрамъ; маленка = четверику. Въ Сибри четверики иногда наз. пудовкой.

Приводимъ сравнительныя таблицы русскихъ и иностранныхъ мѣръ

1. Линейныя мѣры.

Футъ русскій и англійскій.	Саж.	Арш.	Англійскій ярдъ.	Метръ французскій, швейцарскій, германскій и австрійскій.
1	$\frac{1}{7}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{1}{3}$	0,30479
$2\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{7}{9}$	0,71119
3	$\frac{3}{7}$	$1\frac{2}{7}$	1	0,91438
7	1	3	$2\frac{1}{3}$	2,13356
3,28	468	1,40	1,093	1

2. Квадратныя мѣры.

Сажень.	Метръ.	Футъ.	Дюймъ.
1	4,552	49	7056
0,2197	1	10,7643	1550,06
0,0204	0,929	1	144
1 кв. дюймъ = 6,4514 кв. сантим.			

3. Кубичныя мѣры.

Сажень.	Метръ.	Футъ.	Дюймъ.
1	9,928,82	343	592604
0,1030	1	35,3166	61027
0,029	0,2883	1	1728
1 куб. дюймъ = 16,836 куб. сантим.			
100 куб. сантим. = 6,03 куб. дюйма.			

II. Метрическая система мѣръ.

Линейныя мѣры. Основная единица метръ, который равенъ одной десятимиллионной части четверти земного шара. Метръ = 39,37 дюймамъ = 3,28 футамъ = 0,468 саж. = 10 дециметрамъ = 100 сантиметрамъ = 1000 миллиметрамъ.

1 километръ = 1000 метрамъ = 0,9374 версты = 468,7 саж. 1 мириометръ = 10 километ. = 100 экометр. = 1000 декаметрамъ = 10.000 метрамъ = 9,740 верстъ.

1 экометръ = 10 декаметр. = 100 метрамъ.

1 декаметръ = 10 метрамъ.

Квадратныя мѣры. 1 кв. метръ = 100 кв. дециметрамъ = 1000 кв. сантиметрамъ = 1000000 кв. миллиметрамъ.

Кубичныя мѣры. 1 куб. метръ = 1000 куб. дециметрамъ = 1000000 куб. сантиметрамъ.

III. Русскій вѣсъ.

Основная единица русскаго вѣса фунтъ, который равенъ вѣсу 25,0189 куб. фут. перегнанной воды = 32 лотамъ = 96 золотникамъ = 9216 долямъ; 1 лоть = 3 золотникамъ; 1 золотникъ = 96 долей; 1 пудъ = 40 фунтамъ; 1 берковецъ = 10 пуд.; 1 тона (английская) = 62 пудамъ. 1 аптекарскій фунтъ = $\frac{7}{8}$ русск. фунта = 12 унціямъ = 96 драмамъ = 288 скрупуламъ = 5760 гранъ = 84 золотникамъ = 8064 долямъ обыкновен. вѣса.

IV. Метрическій вѣсъ.

1 килограмъ = 10 гектограм. = 100 декаграм. = 1000 грамматъ = вѣсу 1 метра или куб. дециметра перегнанной воды при наибольшей ея плотности (3,2⁰ P.) = 2,44 русск. фунта.
 1 граммъ = 10 дециграм. = 100 сантиграм. = 1000 миллиграм. = 22,5 доли = 0,234 золот. = 0,0024 фунт.
 1 новый фунтъ (livre) = 500 грам. = 1,22 русск. фунт.
 1 метр. ич. центнеръ = 100 килограм. = 234,19 рус. фунт. = 6,104 пуд.

4. Сравнительныя таблицы вѣса.

Русск. ф.	Килогр	Англ. ф.	Пудъ.	Англ. тонна фунт.	Франц. тонна логр.	Нѣмецк. кй центнеръ.
1	0,4095	0,9058		2240	1000	
2,4419	1	2,2046				
1,1076	0,4536	1				
			100	1,612	1,6381	32,76
			62,0274	1	1,01606	20,3212
			61,0475	0,9842	1	20
			3,0524	0,04921	0,050	1

Вѣсъ куб. единицы.

Футы въ пудахъ.	Метры въ килогр.	Футы въ англ. фунт.
1	578,513	36,1130
1,7286	1000	62,4248
0,277	16,0196	1

Мѣры емкости.

Ведро.	Литръ.	Галлонъ.	Куб. д.
1	12,299	2,707	750,567
0,0813	1	0,2201	61,0270
0,3694	4,5135	1	277,2738

5. Сравнительныя таблицы грузовъ.

Грузы на пог. единицу.

Пуды на 1 фунтъ.	Килограм. на 1 метръ.	Англ. фунты на 1 футъ.
1	53,7434	36,1130
0,0186	4	0,6720
0,0277	1,4882	1

Грузы на кубр. единицы.

Пуды на 1 дюймъ	Килогр. на 1 сантим.	Англ. фунты на 1 дюймъ
1	2,5391	36,1130
0,3938	1	14,2226
0,0277	0,0703	1

6. Вѣсъ главнѣйшихъ матеріаловъ.

	Въ одной куб. саж. пуд.	Въ 1000 пуд. куб. саж.
К а м н и.		
Алебастровый или гипсовый камень	1125—1365	0,889—0,733
Алебастръ или гипсъ обожженный и истолченный	730	1,37

	Въ одной куб. саж. пуд.	Въ 1000 пуд. куб. саж.
Алебастровый или гипсовый растворъ безъ песку: въ сыромъ состояніи	950	1,053
окрѣпнувшій	836	1,196
Бетонъ, приготовленный для кладки	1420—1480	0,704—0,676
Бетонная кладка, окрѣпнувшая	1140—1200	0,877—0,833
Булыжный камень:		
Крупный въ укладкѣ, съ 0,16 пустотъ	1350	0,741
Средній, съ 0,22 пустотъ	1250	0,8
Мелкій, съ 0,32 пустотъ	1100	0,909
Бутовая плита въ укладкѣ, съ 0,3 пустотъ, среднимъ вѣсомъ	1000	1
Гранитъ, сіенитъ, гнейсъ	1420—1780	0,704—0,562
Гранитъ финляндскій, средняго вѣса	1600	0,625
Гольшь въ діаметръ отъ 1 до 2 дюйм., въ укладкѣ, съ 0,33 пустотъ	980—1100	1,02 —0,909
Жерновой камень, среднимъ вѣсомъ	1470	0,68
Известнякъ плотный	1185—1580	0,844—0,633
Известь негашеная (ѣдкая, кипѣлка)	475— 550	2,105—1,818
Известь гашеная (въ порошокъ средней плот- ности)	300— 480	3,33 —2,033
Известь гашеная (въ видѣ густого тѣста)	785 — 845	1,274—1,183
Известь волховская гидравлическая, негашеная	525	0,885
Известь боровицкая бѣлая, негашеная	432	0,73
Известковый растворъ, съ примѣсью, на объемъ извести, отъ 2 до 3 объемовъ песку	970—1150	1,64 —1,94
Кладка на растворѣ: изъ кусковъ гранита неправильнаго вида	1425	2,4
Кладка на растворѣ: изъ песчаника	1300—1350	2,19 —2,28
" " " " известняка	1250—1365	2,11 —2,30
" " " " кирпича	975 —1100	1,64 —1,85
Кирпичъ половнякъ	750— 800	1,26 —1,35
цѣльный, хорошо обожженный, при- нятаго въ урочномъ положеніи размѣра	980	1,62
Кирпичъ слабо обожженный	625— 825	1,05 —1,39
" " " " клинкеръ	900—1200	1,52 —2,02
Мѣлъ въ кускахъ	720— 762	1,21 —1,23
Песчаникъ	1354—1439	2,28 —2,43
Портландскій камень	1520	2,56
Щуцоланъ	686— 728	1,16 —1,23
Сланецъ глинистый	1636	2,76
Туфы вулканическіе	720— 820	1,21 —1,38
Цементы: портландскій, римскій, Роше, Це- хановскаго и др.	550— 750	0,93 —1,26
Черепица (въ 1000 шт. отъ 20 до 22,5 пуд.)	608— 684	1,02 —1,13
Цемянка изъ кирпича или черепицы (въ просѣянномъ порошокѣ)	695— 728	1,17 —1,23
Санторинская земля	600	1,01
Щебень булыжный, средняго вѣса	1000	1,85
" " " " плитный	950	1,60
" " " " кирпичный	700	1,18
Земли и грунты.		
Глина въ грунтѣ или плотной массѣ	1000—1144	1,69 —1,93
" " " " вынутая изъ грунта и сложенная въ " штабель или въ полусаженокъ (ящикъ)	800— 915	1,35 —1,54

	Въ одной куб. саж. пуд.	Въ 1000 пуд. куб. саж.
Глина съ голышами, въ грунтѣ.	1360—1600	2,29 —2,70
Гравій гранитный.	1100	1,85
„ смѣшанный	950	1,60
Грунтъ песчано-глинистый, плотно слежав- шійся.	1500—1600	2,53 —2,70
Грунтъ каменистый, слоистаго сложенія. . .	1100—1400	1,85 —2,36
Песокъ чистый сухой, смотря по крупности .	815— 960	1,37 —1,62
„ влажный	850—1150	1,43 —1,94
„ овражной глинистый	1000—1050	1,69 —1,77
„ рѣчной влажный	6050—1100	1,77 —1,85
Земля растительная въ грунтѣ или плотной массѣ.	900	1,52
Земля въ выемкѣ	675	1,14
„ торфяная.	300— 475	0,51 —0,80
Земля глинистая въ грунтѣ или плотной массѣ.	950	1,60
Земля въ выемкѣ	815	1,37
„ смѣшанная съ пескомъ и гравіемъ: Въ грунтѣ или плотной массѣ.	1100	1,85
Въ выемкѣ	925	1,56
Земля щебенистая въ грунтѣ или плотной массѣ	950—1130	1,60— 1,91
Земля въ выемкѣ.	800— 970	1,35— 1,64
„ щебенистая съ валунами, въ грунтѣ или плотной массѣ	950—1360	1,65— 2,29
Земля въ выемкѣ.	825—1160	1,39— 1,96
Черноземъ	480— 500	0,81— 0,84
Иль жидкій въ выемкѣ	725	1,22
„ обсохшій, слежавшійся.	970	1,64
Дернъ	800	1,35

Металлы.

	Въ одномъ куб. фут. пуд.	
Желѣзо	13,31	7,7
Мѣдь красная литая	15,21	8,8
„ красная, кованная, въ проволоку и прокатная.	15,38	8,9
Мѣдь желтая, латунь, литая	14,52	8,4
„ „ „ въ проволоку и про- катная	14,69	8,6
Бронза	14,8 —15,09	8,56— 8,7
Артиллерійскій металлъ, русскій	14,87	8,6
Колокольный металлъ	15,23	8,81
Олово.	12,62	7,3
Свинець.	19,58—19,79	11,34—11,45
Сталь среднимъ вѣсомъ	13,84	7,8
Цинкъ литой	12,1	7,0
„ прокатный	12,43—12,62	7,2 — 7,3
„ среднимъ вѣсомъ	12,45	7,2
Чугунъ сѣрый, среднимъ вѣсомъ	12,45	7,2
„ бѣлый	12,96	7,5
Дерево въ полусухомъ состояніи.		
Дубъ	1,21— 1,64	0,7 — 0,95
Вукъ	1,33	0,77
Кленъ.	1,21	0,7

	Въ одной куб. саж. пуд.	Удельный вѣсь.
Ясень	1,19	0,69
Береза	1,23	0,71
Липа	1	0,58
Ольха	1,02	0,59
Осина	0,74	0,43
Тополь	0,85	0,49
Вязъ, илемъ	1,07	934,57
Ива	1,04	961,53
Лиственница	0,99	1010
Пихта	0,81	1234,56
Сосна	0,95—1,12	1052,6—891,8
Ель	0,86—1,04	1162—961,53

	Въ одной куб. саж. пудовъ.	Въ 1000 пуд. куб. саж.
Т о п л и в о:		
Дрова хвойные, годовалые	225	4,444
" " сырые	275	3,636
" березовые и ольховые годовалые	300	3,333
" " " сырые	375	2,667
" однополѣнные, длиною 12 вершковъ:	75	13,333
" березовые и ольховые годовалые	94	10,638
" " " свѣжіе	56	17,857
" сосновые и еловые, годовалые	70	14,286
" " " " свѣжіе	96	10,417
Хворостъ годсвалый	125	8
" сырой	100	10
Уголь изъ хвойнаго лѣса (45 четвертей)	145	6,897
" дубовый	134	7,463
" березовый	670	1,493
" каменный	1066	0,938
" антрацитъ	230	4,348
Торфъ сухой	270	3,701
" съ 30% воды	470	2,128
" влажный		

	Въ одномъ куб. футѣ пуд.	Въ 1000 пуд. куб. фут.
Разные предметы.		
	отъ до	отъ до
Асфальтъ	1,85—2,01	540,541—497,51
Смола жидкая	1,53	653,597
Пекъ	2	500 2
Селитра плотная,	3,46	289,019
" рыхлая	1,47	680,277
Сѣра въ естественныхъ кристаллахъ	3,56	280,891
" черенковая	3,46	289,017
" измельченная,	1,35	740,74
Масла: деревянное, льняное, конопляное	1,63	613,49

Примѣчаніе. Въ одномъ куб. футѣ масла содержится почти 2,3 ведра.

	Въ одной куб. саж. пудовъ.	Въ 1000 пуд. куб. саж.
Ледъ при 0° Реомюра	552	1,812
Вода	593	1,886

7. Приблизительный вѣсъ въ пудахъ основныхъ полусушыхъ бревенъ.

Толщина въ вершк.	Д л и н а б р е в е н ь в ь с а ж е н я х ь .								
	1	1 1/2	2	3	4	5	6	7	8
4	2,29	3,61	5,04	8,3	12,09	16,43	21,46	27,12	33,49
4 1/2	2,83	4,45	6,16	10,	14,48	19,48	25,35	31,93	39,
5	3,51	5,45	7,59	12,28	17,55	23,56	30,22	37,65	46,17
5 1/2	4,2	6,48	8,94	14,26	20,43	27,24	35,36	43,67	53,
6	4,76	7,72	10,56	17,	23,9	31,88	40,8	49,83	60,49
6 1/2	5,67	8,95	11,99	19,11	26,99	35,34	44,98	55,48	66,4
7	6,59	10,16	13,97	21,91	30,86	40,58	51,31	64,79	77,26
7 1/2	7,65	11,84	16,04	25,62	35,45	46,69	59,22	72,42	86,03
8	8,82	13,32	18,3	28,7	40,27	52,83	66,39	80,95	96,72
8 1/2	9,81	14,95	20,36	31,85	44,45	58,37	72,64	88,69	105,13
9	10,84	16,07	22,71	35,65	49,19	64,1	80,48	97,68	115,91
10	13,83	21,14	28,72	44,68	62,14	80,46	99,75	121,03	143,64
11	16,03	24,7	33,32	51,38	71,62	92,34	114,9	138,41	163,17
12	19,2	29,24	39,89	61,76	84,26	109,05	135,9	162,39	190,92

8. Вѣсъ въ пудахъ основныхъ обрѣзанныхъ досокъ полусушыхъ.

Ширина въ дюмахъ.	Т о л щ и н а в ь д ю й м а х ь .								
	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	
7	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52	
8	0,22	0,43	0,65	0,86	1,1	1,29	1,5	1,72	
9	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	
10	0,27	0,54	0,81	1,1	1,35	1,62	1,9	2,16	
11	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	
12	0,33	0,66	0,99	1,33	1,65	1,98	2,31	2,64	

Полуобрѣзаныя и получистыя доски легче обрѣзанныхъ: первая на 5% а вторая на 10%.

V. Арифметическія правила.

Простыя дроби. Правильная дробь выражаетъ часть единицы и состоитъ изъ числителя и знаменателя. Знаменатель пишется подъ чертою и показываетъ на сколько частей раздѣлено цѣлое число. Такъ дробь $\frac{3}{4}$ означаетъ, что 3 единицы раздѣлены на 4 части.

Въ правильной дроби числитель всегда меньше знаменателя, а у не правильныхъ числитель больше знаменателя. Дробь $\frac{33}{5}$ будетъ неправильная и выражаетъ, что 33 единицы раздѣлены на 5 равныхъ частей.

Неправильную дробь можно обратить въ цѣлое число съ дробью. Въ данномъ случаѣ будетъ: $\frac{33}{5} = 6\frac{3}{5}$. Когда цѣлое число съ дробью надо превратить въ неправильную дробь, то цѣлое число помножаютъ на знаменателя дроби, къ произведенію прибавляютъ числителя и подъ суммою подписываютъ того же знаменателя.

Положимъ, что дано $5\frac{3}{8}$. Тогда имѣемъ:

$$5 \times 8 = 40 + 3 = 43, \text{ слѣдовательно } 5\frac{3}{8} = \frac{43}{8}.$$

Цѣлое число можно выразить въ видѣ неправильной дроби, имѣющей знаменателемъ какое нибудь данное число, напр. $8 = \frac{8 \times 9}{9} = \frac{72}{9}$.

Дробь не измѣнится если числителя и знаменателя ея умножить или раздѣлить на одно и тоже число, напр.

$$\frac{2}{3} = \frac{2 \times 2}{3 \times 2} = \frac{4}{6}.$$

Это свойство дробей даетъ возможность приводить ихъ къ одному знаменателю; для этого числителя и знаменателя одной дроби надо умножить на произведение изъ знаменателей прочихъ дробей.

Положимъ даны $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$ и $\frac{7}{8}$. Тогда имѣемъ:

$$\begin{array}{r} 3 \times 6 \times 8 = 144 \\ 4 \times 6 \times 8 = 192 \\ 5 \times 4 \times 8 = 160 \\ 6 \times 4 \times 8 = 192 \\ 7 \times 6 \times 4 = 168 \\ 8 \times 6 \times 4 = 192 \end{array}$$

Разсмотримъ теперь первыя четыре дѣйствія надъ простыми дробями, т. е. сложенеіе, вычитаніе, умноженіе и дѣленіе.

Если дроби имѣютъ одинаковые знаменатели, то для того, чтобы сложить ихъ надо сложить числители и подъ суммой подписать знаменателя. Напр.

$$\frac{1}{8} + \frac{3}{8} + \frac{5}{8} = \frac{9}{8} = 1\frac{1}{8}.$$

Если знаменатели не одинаковы, то прежде всего надо привести дроби къ одному знаменателю, а затѣмъ сложивъ числители подписать подъ суммой общаго знаменателя.

$$\frac{3}{4} + \frac{2}{3} + \frac{6}{7} = \frac{63}{84} + \frac{56}{84} + \frac{72}{84} = \frac{191}{84}$$

При вычитаніи дробей, если они имѣютъ одинаковые знаменатели то берутъ разность ихъ числителей и подписываютъ общаго знаменателя или если знаменатели не одинаковы, то сначала приводятъ къ одному знаменателю.

$$\frac{7}{8} - \frac{3}{8} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2} \quad \frac{3}{4} - \frac{1}{7} = \frac{21}{28} - \frac{4}{28} = \frac{17}{28}$$

Чтобы умножить цѣлое число на дробь надо это число помножить на числителя дроби и подписать того же знаменателя.

$$\frac{3}{7} \times 4 = \frac{12}{7}$$

Чтобы умножить дробь на дробь надо числителя и знаменателя перемножить взаимно.

$$\frac{3}{4} \times \frac{5}{8} = \frac{15}{32}$$

Если при этомъ одинъ изъ множителей или оба множителя состоятъ изъ цѣлаго числа съ дробью, то надо сперва превратить ихъ въ неправильныя дроби.

$$2\frac{1}{4} \times 3\frac{2}{8} = \frac{9}{4} \times \frac{26}{8} = \frac{234}{32} = 7\frac{10}{32} = 7\frac{5}{16}$$

Чтобы раздѣлить дробь на цѣлое число надо числители дроби оставить какъ онъ есть, т. е. безъ измѣненія, а знаменателя умножить на данное число.

$$\frac{3}{4} : 5 = \frac{3}{20}$$

При дѣленіи цѣлаго числа на дробь надо данное число умножить на знаменателя дроби и произведеніе раздѣлить на числителя ея.

$$5 : \frac{3}{4} = \frac{20}{3} = 6\frac{2}{3}$$

Чтобы раздѣлить дробь на дробь, надо дробь дѣлимаго умножить на обращенную дробь дѣлителя. Если же при этомъ встрѣтятся цѣлыя числа съ дробями, то ихъ надо предварительно обратить въ неправильныя дроби.

$$\frac{4}{7} : \frac{2}{5} = \frac{4}{7} \times \frac{5}{2} = \frac{20}{14}$$

Десятичныя дроби принадлежать къ ряду десятичной системы чисель. Подобно тому, какъ въ цѣлыхъ числахъ значеніе цифръ зависитъ отъ мѣста занимаемаго ими, въ десятичныхъ дробяхъ на первомъ мѣстѣ послѣ единицъ стоятъ десятыя доли, во второмъ сотыя и т. д. прѣ этомъ принято цѣлыя числа отъ дробей отдѣлять запятой. Слѣдовательно въ десятичныхъ дробяхъ пишутъ только числителей, а знаменатели зависятъ отъ мѣста занимаемаго числителемъ послѣ запятой. Напр. $3\frac{5}{10}$, выраженное въ десятичныхъ дробяхъ будетъ 3,5, а

$$4\frac{37}{100} = 4,37.$$

Если цѣлыхъ чисель нѣтъ, то передъ запятой пишется нуль. Такъ дробь $\frac{75}{100}$ обозначится такъ 0,75.

Нуль, поставленный съ правой стороны послѣ цифры, не производитъ никакой перемѣны въ величинѣ. Такъ 0,3 ; 0,30 ; 0,300 означаютъ одну и ту же величину $\frac{3}{10}$.

Всякую обыкновенную дробь можно обратить въ десятичную и обратно десятичную дробь въ простую. Въ послѣднемъ случаѣ къ десятичной дроби подписываютъ знаменатель. Для того-же, чтобы обыкновенную дробь обратить въ десятичную надо къ числителю обыкновенной дроби приписать определенное число нулей и раздѣлить это число на знаменателя. Въ полученномъ частномъ, отъ правой руки къ лѣвой отдѣляютъ запятой столько цифръ, сколько къ числителю было приписано нулей.

Такъ дробь $\frac{7}{8} = 0,875$, ибо $\frac{7000}{8} = 875$.

Такое дѣленіе, какъ извѣстно, не всегда можетъ окончиться безъ остатка. Въ такомъ случаѣ надо остановиться на определенномъ мѣстѣ и тогда получится приближенная величина. Такъ $\frac{2}{3} = 0,6666\dots$ Дробь эта наз. періодической.

Когда получится періодическая дробь, то можно остановиться на любомъ знакѣ, съ котораго начинается періодъ, т. е. получается одинаковый остатокъ. Въ данномъ примѣрѣ мы остановимся на четвертомъ десятичномъ знакѣ; тогда имѣемъ $\frac{2}{3} = 0,6667$.

42
294/6
54 49

Для обращенія десятичной дроби въ обыкновенную надо все число, выраженное десятичными цифрами сдѣлать числителемъ, а знаменателемъ поставить единицу, приписавъ къ ней съ правой стороны столько нулей, сколько было всѣхъ десятичныхъ знаковъ.

$$0,875 = \frac{875}{1000} = \frac{7}{8}$$



Надъ десятичными дробями можно производить тѣ же операціи, какъ и надъ цѣлыми числами, т. е. складывать, вычитать, умножать и дѣлить.

0,3756	} слагаемые.	Уменьшаемое . . .	0,97500
3,943		Вычитаемое . . .	0,39412
<u>5,08758</u>			
9,38618	сумма.	Разность . . .	0,58088

Слѣдовательно сложеніе и вычитаніе производится какъ съ цѣлыми числами, только въ суммѣ или разности отдѣляютъ занятой дѣляя числа отъ десятичныхъ.

Для того, чтобы умножить одну десятичную дробь на другую, надо, откинувъ запятая, произвести умноженіе какъ цѣлыхъ чиселъ и затѣмъ въ полученномъ произведеніи отъ правой руки къ лѣвой отдѣлить занятою столько десятичныхъ знаковъ, сколько находится ихъ въ множимомъ и множителѣ вмѣстѣ и недостающія мѣста дополнить слѣва нулями.

Для примѣра положимъ требуется 4,005 умножить на 3,27. Тогда отбросивъ запятая и перемноживъ какъ цѣлыя числа получимъ:

$$\begin{aligned} 4005 \times 327 &= 1309635 \text{ или} \\ 4,005 \times 3,27 &= 13,09635 \end{aligned}$$

При дѣленіи десятичныхъ дробей надо привести данныя дроби къ одному знаменателю, что дѣлается помощью прибавленія нулей съ правой стороны (величина дроби отъ этого не измѣняется). затѣмъ, откинувъ запятая, производить дѣленіе какъ цѣлыхъ чиселъ. Требуется 173,5425 раздѣлить на 3,75. Приводя ихъ къ одному знаменателю получимъ:

$$173,5425 : 3,7500$$

Затѣмъ откинувъ запятая произведемъ дѣленіе какъ простыхъ чиселъ безъ остатка.

$$\begin{aligned} 1735425 : 37500 &= 46278 \text{ или} \\ 173,5425 : 3,75 &= 46,278 \end{aligned}$$

При дѣленіи меньшаго числа на большее въ частномъ ставятъ столько нулей, сколько нужно прибавить ихъ къ дѣлимому и затѣмъ дѣлятъ какъ цѣлыя числа.

$$0,0375 : 5 \text{ будетъ: } 375000 : 50000 = 0,0075.$$

Пропорціи. Отношеніе двухъ величинъ показываетъ сколько разъ одна величина содержится въ другой. Два равныя отношенія (частныя) составляютъ пропорцію. Поэтому двѣ дроби $\frac{3}{4}$ и $\frac{6}{8}$ можно разсматривать какъ два равныя отношенія, именно:

$$3 : 4 = 6 : 8$$

Числа, составляющія пропорцію, т. е. 3, 4, 6 и 8 наз. членами пропорціи: изъ нихъ 3 и 8 будутъ крайніе члены, а 4 и 6 средніе.

Во всякой пропорціи произведеніе крайнихъ членовъ равно произведенію среднихъ. Слѣдовательно въ нашемъ примѣрѣ: $2 \times 8 = 24$ и $4 \times 6 = 24$, а потому если одинъ изъ членовъ пропорціи неизвѣстенъ, то его можно найти $3 : 4 = 6 : x$, отсюда $x = \frac{4 \times 6}{3} = 8$.

Такимъ образомъ, если неизвѣстенъ крайній членъ, то надо взять произведеніе среднихъ и раздѣлить его на извѣстный крайній и наоборотъ: когда неизвѣстенъ одинъ изъ среднихъ членовъ, то берутъ произведеніе крайнихъ членовъ и дѣлятъ на извѣстный средній членъ.

Квадратные корни. Если какое нибудь число помножить само на себя, напр. 2×2 , 6×6 или 9×9 , то полученныя произведенія 4, 36 и 81 наз. квадратами этихъ чиселъ, а самыя числа квадратными корнями. Квадратъ 2 будетъ 4 и изображается 2^2 , квадратъ 6—будетъ $36 = 6^2$ и т. д.

Квадратный корень изображается знаком $\sqrt{\quad}$. Слѣдовательно $\sqrt{4} = 2$, $\sqrt{36} = 6$, $\sqrt{81} = 9$.

Корни, состоящіе только изъ одной цифры, могутъ быть находимы по слѣдующей таблицѣ:

Корни	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Квадраты	1	4	9	16	25	36	49	64	81

Кубические корни. Если квадратъ какого нибудь числа напр. 16 умножить на его корень 4, то произведеніе 64 называется кубомъ 4 и обозначается 4^3 , слѣдовательно корень кубическій изъ 64 будетъ 4.

Знакъ кубическаго корня пишется $\sqrt[3]{\quad}$. Въ нашемъ примѣрѣ будетъ $\sqrt[3]{64} = 4$.

Кубы состоящіе изъ одной цифры изображены въ слѣдующей таблицѣ:

Корни	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кубы	1	8	27	64	125	216	343	512	729

Извлеченіе квадратныхъ и кубическихъ корней. Для того, чтобы найти квадратный корень какого либо числа, раздѣляютъ данное число на разряды, считая отъ занятой по двѣ цифры, а для отысканія кубическаго корня по три цифры въ каждомъ разрядѣ. Для цѣлыхъ чиселъ начинаютъ дѣлить на разряды отъ правой руки къ лѣвой, а если дана десятичная дробь, то наоборотъ отъ лѣвой руки къ правой. Число, стоящее въ первомъ разрядѣ съ лѣвой стороны отыскивается по таблицѣ 9 и 10, помѣщенныхъ на стр. 15 и 16, и берутъ соответствующее ему число выражающее или квадратный или кубическій корень.

Корень всего даннаго числа будетъ состоять изъ этихъ же найденныхъ въ таблицѣ цифръ, при чемъ цѣлыхъ будетъ столько, сколько было разрядовъ въ данномъ числѣ. Корень для десятичныхъ дробей отыскивается такъ же, какъ для цѣлыхъ чиселъ, но онъ будетъ представлять десятичную дробь, у которой передъ первую значущую цифрой съ лѣвой стороны ставится столько нулей, сколько было разрядовъ.

Для примѣра положимъ, что требуется найти квадратный корень числа 57000. Раздѣливъ это число на разряды отъ правой руки къ лѣ-

вой получимъ 57,00,00, гдѣ первый разрядъ будетъ 57. Число это можно разсматривать какъ 57 единицъ. Отыскать его въ таблицѣ найдемъ соответствующій ближайшій корень 7,55. Это найденное число будетъ искомымъ корнемъ всего даннаго числа, если отбросить запятую, т. е. принять всѣ цифры за цѣлыя, соответственно числу разрядовъ. Слѣдовательно $\sqrt{570000} = 755$.

Найти квадратный корень 8,46?

Въ таблицѣ находимъ $\sqrt{8,40} = 2,90$ и $\sqrt{8,60} = 2,93$.

Слѣдовательно квадратный корень 8,46 будетъ среднимъ между этими числами $\sqrt{8,46} = 2,91$.

Возьмемъ другой примѣръ: $\sqrt{0,00000543}$.

Раздѣливъ отъ запятой на разряды по двѣ цифры получимъ: 0,00,00,05,43. Здѣсь первая послѣ запятой значущая цифра 5, которую и принимаемъ за 5 единицъ. Затѣмъ отыскиваютъ квадратный корень изъ 5,43 который будетъ:

$\sqrt{5,43}$ равенъ приблизительно 2,33. Слѣдовательно $\sqrt{0,00000543} = 0,0233$ *исправлено Value*

$\sqrt[3]{0,00233}$ Кубическій корень изъ цѣлаго числа [напр. 7450000] отыскивается такъ: раздѣливъ на разряды по три цифры отъ правой руки къ лѣвой получимъ: 7,4,500,000, гдѣ первое значущее число 74. По таблицѣ корень

этого числа будетъ: $\sqrt[3]{74,5} = 4,21$, а корень $\sqrt[3]{74500000} = 421$.

Кубическій корень изъ 84,6?

По таблицѣ $\sqrt[3]{84} = 4,38$, $\sqrt[3]{85} = 4,40$, слѣдовательно $\sqrt[3]{84,6} = 4,39$,

Кубичный корень десятичной дроби 0,00000745?

Раздѣливъ на разряды отъ запятой по три цифры получимъ: 0,000,007,45. Первая значущая цифра послѣ запятой 7, которую принимаемъ за 7 единицъ. Слѣдовательно $\sqrt[3]{7,45} = 1,96$ (по таблицѣ). Весь

же корень будетъ $\sqrt[3]{0,00000745} = 0,0196$.

Формулы.

Общее рѣшеніе какой бы то ни было задачи называется формулой. Другими словами, формула есть выраженіе, въ которой означены всѣ дѣйствія, которыя надо произвести, чтобы рѣшить задачу или вопросъ.

Объяснимъ это примѣромъ.

Положимъ требуется найти объемъ или вмѣстимость цилиндра, когда извѣстны его діаметръ и высота?

Для рѣшенія этой задачи имѣется формула: $v = \frac{d^2 h}{1,273}$, гдѣ d означаетъ діаметръ цилиндра, h — высоту его и v — объемъ или вмѣстимость.

По смыслу задачи видно, что первыя двѣ величины извѣстны, т. е. d и h , слѣдовательно остается опредѣлить только третью величину v .

При рѣшеніи подобныхъ вопросовъ численная величина 1,273 остается постоянной и значеніе ея будетъ объяснено впоследствии, буквы же d , h и v имѣютъ численное значеніе, и вполнѣ зависятъ отъ заданія. Буква v находящаяся съ лѣвой стороны знака равенства представляетъ величину, которую требуется найти, а по правую сторону знака равенства

означены ими дѣйствія, которыя надо произвести съ данными величинами, чтобы опредѣлить v . Другими словами въ первой части равенства помѣщена неизвѣстная величина, а во второй—извѣстная. Слѣдовательно, замѣнивъ буквы второй части равенства ихъ числовыми значеніями и произведя показанныя въ формулѣ ариѳметическія или алгебраическія дѣйствія задача будетъ рѣшена.

Положимъ требуется опредѣлить количество воды, которое можетъ доставить насосъ, когда извѣстно, что діаметръ насоса = 1 фут., а высота хода поршня = 1,5 фута.

Подставляя въ вышеприведенную формулу вмѣсто буквъ ихъ величины получимъ:

$$v = \frac{d^2 h}{1,273} = \frac{(1)^2 \times (1,5)}{1,273} = \frac{1 \times 1 \times 1,5}{1,273} = 1,18 \text{ куб. ф.}$$

Численный выводъ всегда пишется послѣ формулы, а между ними ставится знакъ равенства. Въ первомъ выраженіи послѣ формулы подставлены вмѣсто буквъ ихъ численные величины, во второмъ—дѣйствія, которыя нужно произвести и наконецъ въ третьемъ—окончательный результатъ, выраженный однимъ числомъ.

Въ нашу формулу входятъ три величины: объемъ, діаметръ и высота цилиндра, а потому она можетъ служить для опредѣленія каждой изъ этихъ величинъ, если остальные двѣ извѣстны. Исходя изъ этого положенія можно рѣшить напр. такую задачу; опредѣлить діаметръ цилиндра при извѣстномъ объемѣ и высотѣ?

Для рѣшенія этого вопроса предыдущую формулу можно преобразовать такъ:

$$d^2 = \frac{1,273 \times v}{h}$$

Чтобы объяснить подобныя преобразованія надо знать слѣдующее математическое правило:

Численная величина переносится изъ одной части равенства въ другую всегда съ противнымъ знакомъ, т. е. если передъ нею былъ знакъ +, то въ другую часть равенства переходитъ со знакомъ —, и наоборотъ; если передъ численною величиною сталъ знакъ \times , то въ другую часть равенства переходитъ со знакомъ :— другими словами: если въ первой части равенства служить множителемъ, то во 2-ую оно переходитъ дѣлителемъ и наоборотъ. Объяснимъ это примѣрами:

1) $4 + 5 = 9$; требуется перенести 5 во вторую часть равенства. По предыдущему правилу получимъ: $4 = 9 - 5$.

2) $7 - 3 = 4$; требуется перенести 3 во 2-ю часть равенства. Получимъ: $7 = 4 + 3$.

3) $3 \times 5 = 15$; требуется перенести 5 во вторую часть равенства. Получимъ: $3 = \frac{15}{3}$.

4) $\frac{20}{4} = 5$; требуется перенести 4, во вторую часть равенства. Получимъ: $20 = 5 \times 4$.

Изъ этихъ примѣровъ видно, что отъ переведенія чиселъ изъ одной части равенства въ другую знакъ равенства не измѣняется, т. е. равенство между величинами остается неизмѣннымъ.

Возьмемъ формулу, выражающую объемъ цилиндра, и опредѣлимъ диаметръ, т. е. перенесемъ d^2 изъ второй части равенства въ первую.

Начнемъ съ перенесенія дѣлителя 1,273, который перейдетъ въ первую часть множителемъ, слѣдовательно будетъ: $1,273 v = d^2 h$; затѣмъ переведемъ h въ первую часть равенства и получимъ: $\frac{1,273}{h} \cdot v = d^2$

$$\text{или } d^2 = \frac{1,273}{h} \cdot v. \text{ Отсюда диаметръ цилиндра } d = \sqrt{\frac{1,273}{h} \cdot v}$$

По этой формулѣ можно опредѣлить диаметръ парового цилиндра, когда извѣстенъ его объемъ $v = 29$ к. ф. и ходъ поршня $h = 6$ фут.

$$d = \sqrt{\frac{1,273}{6} \cdot 29} = 2,5 \text{ фут.}$$

Иногда употребляются формулы, въ которыхъ нѣкоторыя величины заключены въ скобкахъ, какъ напр. $a = P \left(\frac{H'}{c} - \frac{c'}{2} \right)$

Въ этомъ случаѣ буквы надо замѣнить ихъ численными значеніями, произвести показанныя дѣйствія надъ величинами, заключающимися въ скобкахъ и тѣмъ привести эти послѣднія къ одному числу. Въ приведенной формулѣ полученный численный результатъ нужно помножить на P , ибо величина, помѣщенная внѣ скобокъ, означаетъ множителъ.

Дадимъ буквамъ слѣдующія численные значенія и поставимъ въ формулу, чтобы опредѣлить величину a :

$$P = 400, c = 7, c' = 3,5, l = 7,2, l' = 6,5$$

$$a = 400 \left(\frac{7,2 \times 6,5}{7} - \frac{3,5}{2} \right) = 400 \times 4,95 = 1980$$

Нужно вообще замѣтить, что каждая буква формулы имѣетъ свое определенное значеніе, и если хотятъ сдѣлать вычисленіе на основаніи формулы, то буквы замѣняютъ числами соответствующаго значенія. Буквы формулы могутъ быть произвольными, но значеніе ихъ надо помнить. Такъ напр., высоту обозначаютъ чрезъ h , число оборотовъ вала или колеса чрезъ n , диаметръ чрезъ d , длину — l , путь проходимый матеріальной точкой чрезъ s , время чрезъ t , количество воды чрезъ Q , силу чрезъ P , работу въ лошадиныхъ силахъ чрезъ H .

Всякая формула важна тѣмъ, что ясно выражаетъ обозначенныя ею дѣйствія, а потому и умѣніе понимать формулы не требуетъ много труда и размышленія.

Геометрія.

Объемъ и поверхность. Объемомъ тѣла наз. ограничиваемая его поверхностями часть пространства. Поверхностью наз. предѣлъ какого либо тѣла, ограничивающій это послѣднее въ пространствѣ.

Объемъ имѣеть три измѣренія: длину, ширину и высоту (глубину). Поверхность только два измѣренія—длину и ширину.

Пересѣченіе двухъ поверхностей образуетъ линію, а пересѣченіе двухъ линій—точку.

Линія имѣеть одно измѣреніе—длину, а точка не имѣеть никакого измѣренія.

Въ практической геометріи, при черченіи геометрическихъ фигуръ, точку дѣлають матеріальной, т. е. имѣющую измѣренія, обозначая ее слѣдомъ, который оставляетъ на бумагѣ нажимъ карандаша или пера. Также точно и линію можно разсматривать какъ слѣдъ точки перемѣщаемой въ данной поверхности въ определенныхъ предѣлахъ и направленіи.

Линіи подраздѣляются на прямыя, ломанныя и кривыя.

Прямую линію наз. такую, которая на всемъ протяженіи своей длины имѣеть одно и то же направленіе, откуда слѣдуетъ, что:

- 1) Прямая линія есть кратчайшее разстояніе между двумя точками.
- 2) Между двумя точками можно провести только одну прямую линію.
- 3) Если двѣ прямыя линіи имѣють двѣ общія точки, лежащія одновременно на той и другой линіи, то линіи должны совпасть одна съ другою на всемъ протяженіи.
- 4) Двѣ линіи могутъ пересѣчься между собою только въ одной точкѣ.



Рис. 1.

Ломанною линіею называется такая, которая состоитъ изъ нѣсколькихъ прямыхъ (рис. 1), сходящихся своими концами и имѣющихъ одна относительно другой различныя направленія. Ломанная линія иначе называется полигональною. Линію кривою наз. линіею кривою изъогнутыхъ, наз. линіею кривою

лини или прямой, ни составленная изъ прямыхъ, наз. линіею кривою (рис. 2). Между двумя точками можно провести безграничное число кривыхъ линій (рис. 3).

Относительно того направленія, какое имѣють линіи къ земному шару, онѣ могутъ быть: вертикальныя, горизонтальныя и наклонныя, а одна къ другой—перпендикулярныя, параллельныя и наклонныя.

Линіею вертикальною или вертикалью наз. такую прямую линію, которая совпадаетъ съ направленіемъ свободнаго паденія тѣла сверху внизъ на земную поверхность; слѣдовательно, эта линія идетъ сверху внизъ и если ее продолжить на достаточную длину, то она пройдетъ черезъ центръ земли. Вертикаль обозначается ниткою

привязаннымъ къ нижнему ея концу грузикомъ; этанитка во всѣхъ своихъ точкахъ будетъ совпадать съ вертикалью все время, пока грузикъ находится въ покоѣ, а не качается изъ стороны въ сторону.

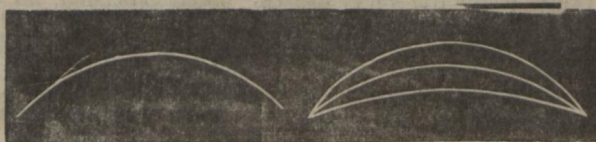


Рис. 2.

Рис. 3.

Линіею горизонтальною или горизонталью, наз. такую прямую линію, всѣ точки которой находятся въ равномъ разстояніи отъ земнаго центра. Эта линія обозначается поверхностью воды, когда эта послѣдняя находится въ покоѣ. Для провѣрки горизонтальной линіи употребляютъ широкую линейку, на одной изъ сторонъ которой отъ одного ребра къ другому прочерчена линія, раздѣляющая эту линейку на двѣ равныя

части; къ одному ребру линейки на прочерченной линіи прикрѣпляютъ нитку, къ другому концу которой подвѣшивается грузикъ. Провѣряемая линія будетъ горизонтальною, если при положеніи на нее означенной линейки ребромъ, свободнымъ отъ нитки, эта послѣдняя совпадаетъ съ прочерченной линіей, когда грузикъ будетъ въ состояніи покоя.

Линія перпендикулярная или перпендикуляръ есть такая, (рис. 4) прямая линія DC, которая встрѣчаетъ другую прямую AB идя отъ нѣкоторой точки D на всемъ своемъ протяженіи DC такъ, чтобы быть въ равномъ разстояніи отъ двухъ нѣкоторыхъ точекъ, произвольно взятыхъ (напр. A и B на линіи AB. Точка C, въ которой встрѣчаются эти двѣ линіи, называется основаніемъ перпендикуляра.

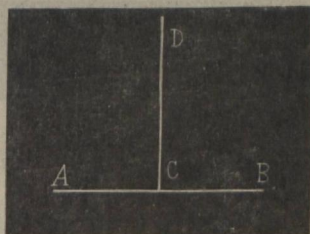


Рис. 4.

Изъ приведеннаго опредѣленія перпендикулярной линіи слѣдуетъ:

1) Каждая точка перпендикуляра (DC) находится въ равномъ разстояніи отъ какихъ бы то ни было двухъ точекъ, взятыхъ на второй линіи (AB) въ равныхъ разстояніяхъ отъ основанія (C) перпендикуляра.

2) Прямая линія перпендикулярна къ другой прямой линіи всегда, если только какія-либо двѣ точки, лежащія на первой, находятся каждая въ отдѣльности, въ равныхъ разстояніяхъ отъ какихъ-либо двухъ точекъ, нанесенныхъ на второй линіи въ равныхъ разстояніяхъ отъ точки встрѣчи обѣихъ линій.

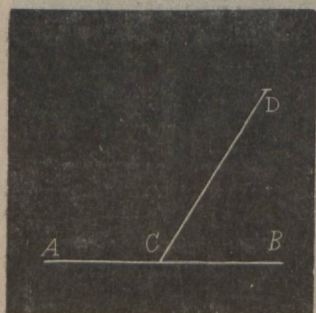


Рис. 5.

Нельзя смѣшивать перпендикуляръ съ вертикалью, ибо первое названіе указываетъ на извѣстное отношеніе двухъ прямыхъ линій въ ихъ взаимныхъ направленіяхъ, второе же — указываетъ на извѣстное отношеніе направленія данной линіи къ земному шару, а потому перпендикуляръ, будучи таковымъ относительно какой-нибудь линіи можетъ и не быть вмѣстѣ съ тѣмъ вертикалью. Линія горизонтальная, о которой говорилось выше перпендикулярна къ вертикали, точно также какъ и вертикаль перпендикулярна къ горизонтали.

Наклонною называется такая прямая линія DC (рис. 5), которая, встрѣчая другую прямую линію AB въ какой-либо точкѣ C, идетъ такъ, что въ нѣкоторыхъ своихъ точкахъ наклоняется къ одной изъ двухъ точекъ A и B, ближе или дальше, чѣмъ къ другой, причѣмъ точки A и B находятся въ равномъ разстояніи отъ точки встрѣчи C. Отсюда слѣдуетъ, что двѣ наклонныя, встрѣчающія третью линію въ равныхъ разстояніяхъ отъ основанія перпендикуляра къ этой третей и пересѣкающіяся въ одной изъ точекъ, лежащихъ на этомъ перпендикулярѣ, — равны между собой.

Подъ линіями параллельными разумѣютъ такія прямыя линіи, которыя идутъ на всемъ своемъ протяженіи въ равномъ разстояніи одна отъ другой, т. е. не приближаясь и не отдаваясь одна отъ другой, а потому и не могутъ встрѣтиться одна съ другой, въ какой-либо другой

точкѣ, сколько бы мы ни продолжали ихъ длину. Линіи АВ CD, EF (рис. 6) суть линіи параллельныя.

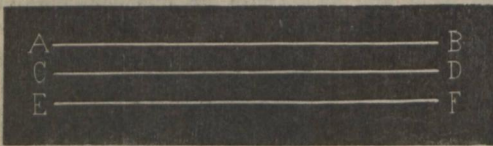


Рис. 6.

Кривыя прямыхъ линіи; ихъ ни въ какомъ случаѣ нельзя смѣшивать съ кривыми линіями.

Окружность и эллипсъ. Кривая линія представляетъ собою слѣдъ оставляемый перемѣщеніемъ такой точки, которая въ своемъ движеніи постоянно мѣняетъ направленіе движенія; поэтому-то кривыя линіи безконечно разнообразны, но мы разсмотримъ только двѣ изъ нихъ, наиболѣе часто необходимыя на практикѣ, именно — **о к р у ж н о с т ь** и **э л л и п с ь**.

О к р у ж н о с т ь ABCD (рис. 7) представляетъ собою такую кривую, всѣ точки которой лежатъ въ одной плоскости и въ равномъ разстояніи отъ нѣкоторой внутренней точки O, называемой центромъ данной окружности. Часть поверхности, ограниченная окружностью называется **к р у г о мъ**.

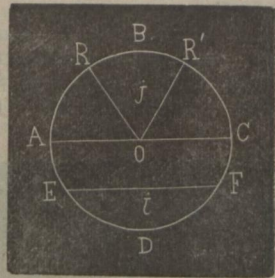


Рис. 7.

Въ просторѣчій иногда смѣшиваютъ два названія: „**о к р у ж н о с т ь**“ и „**к р у гъ**“; но во избѣжаніе недоразумѣній, слѣдуетъ помнить, что **о к р у ж н о с т ь** представляетъ собою лишь ту кривую линію, которая ограничиваетъ **к р у гъ**, тогда какъ этотъ послѣдній заключаетъ въ себѣ понятіе объ ограниченной поверхности.

Р а д и у с о мъ называется прямая линія, соединяющая центръ съ какой либо точкой окружности; два радіуса, составляющіе собою одну прямую (а не ломанную, какъ другіе) линію, называются **д і а м е т р о мъ**, иначе говоря—діаметръ есть прямая линія, соединяющая двѣ различныя точки окружности и проходящая черезъ центръ.

Изъ опредѣленія окружности слѣдуетъ:

- 1) всѣ радіусы равны между собою.
- 2) всѣ діаметры равны между собою и вмѣстѣ съ тѣмъ каждый діаметръ равенъ суммѣ двухъ радіусовъ.

Д у г о ю называется какая либо часть окружности, напр. DEF (рис. 7)

Х о р д а представляетъ собою прямую линію, соединяющую двѣ крайнія точки данной дуги, какъ, напр., прямая линія EF, соединяющая двѣ крайнія точки (E и F) дуги EDF.

С е г м е н тъ есть часть поверхности, ограниченная дугою и ея хордою а **с е к т о ръ**—часть поверхности, ограниченная дугою и двумя радіусами, соединяющими съ центромъ двѣ ея крайнія точки. На рис. 7, подъ буквою i обозначенъ сегментъ, а подъ буквою j—секторъ.

Вообще съкучею называется всякая прямая линия АВ (рис. 8), пересекающая окружность въ двухъ точкахъ и выходящая однимъ или двумя своими концами за предѣлы круга. Такимъ образомъ, хорда или діаметръ становятся съкучими, если продолжить одинъ или оба пхъ конца.

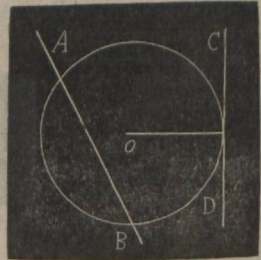


Рис. 8.

Касательнсю называютъ такую прямую линию CD, которая касается окружности только въ одной точкѣ и эта точка получаетъ названіе точки касанія.

Въ геометріи окружность дѣлится на 360 равныхъ частей или градусовъ, каждый градусъ—на 60 минутъ, каждая минута—на 60 секундъ, и каждая секунда—на 60 терцій. Такимъ образомъ, квадратъ или четверть окружности представляетъ собою дугу въ 90 градусовъ, ибо $360 : 4 = 90$. Градусы обозначаются нуликомъ (^o), минуты—запятой ('), секунды—двумя (") и терціи тремя запятыми ("). Отсюда понятно, что обозначеніе $12^{\circ} 5' 4'' 10'''$ нужно читать такъ: 12 градусовъ, 5 минутъ, 4 секунды и 10 терцій.

Эллипсъ. Подъ словомъ „эллипсъ“ или овалъ разумѣютъ нѣкую

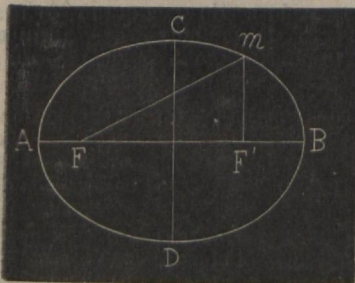


Рис. 9.

торую кривую ACBD (рис. 9), имѣющую то свойство, что сумма ($Fm + F'm$) разстояній Fm и F'm произвольно взятой какой бы то ни было точки m, лежащей на этой кривой до двухъ опредѣленныхъ и неподвижныхъ внутреннихъ точекъ F и F'—всегда равна одной и той же величинѣ. Двѣ неподвижныя точки F и F' называются фокусами эллипса; прямая линия АВ, проходящая черезъ фокусы и опирающаяся своими концами въ эллипсъ называется большою осью, а прямая CD, дѣлящая прямую АВ пополамъ и также упирающаяся своими концами въ эллипсъ—малую осью.

Плоскость или плоская поверхность есть такая поверхность, на которой можно уложить прямую линію (напр. линейку), всеми ея точками ръ любымъ направленіи. Примѣромъ плоскости въ природѣ можетъ служить гладкая поверхность льда, а въ искусственныхъ предметахъ—ребро хорошо отполированной линейки или листъ глазированной бумаги.

Всякая поверхность, не представляющая собою ни плоскости, ни совокупности нѣсколькихъ плоскостей—называется кривою поверхностью. Капля воды можетъ служить хорошимъ примѣромъ такого рода поверхностей.

Когда двѣ плоскости пересекаются, то прямая линия, лежащая между ними, называется ихъ пересѣченіемъ.

Двѣ плоскости называются, какъ и прямыя линіи, параллельными и, когда онѣ идутъ на всемъ своемъ протяженіи, въ равномъ между собою разстояніи и никакъ не могутъ пересѣчься или даже приблизиться одна къ другой, какъ далеко бы мы ихъ ни продолжали.

Углы. Уголъ составляютъ двѣ прямыя линіи АВ и АС (рис. 10) встрѣчающіяся въ одной точкѣ А и идущія въ разныхъ направленіяхъ все равно какъ далеко.

Стороны АВ и АС угла САВ суть прямыя линіи, которыя образуютъ данный уголъ. Вершина А—есть точка встрѣчи сторонъ угла.

Когда мы имѣемъ на чертежѣ только одинъ уголъ, то онъ называется всегда только одною буквою, поставленной у вершины угла. Когда же на чертежѣ нѣсколько

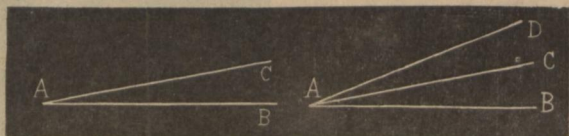


Рис. 10.

Рис. 11.

угловъ, имѣющихъ одну общую вершину, то ихъ называютъ тремя буквами; причемъ, во избѣжаніе недоразумѣній въ сложныхъ чертежахъ, а зъ на всегда принято, что буква, стоящая у вершины угла ставится въ серединѣ. Такъ, на рис. 10 уголъ, составленный прямыми линіями АВ и АС можно назвать просто: уголъ А. Но если бы на рис. 11 мы сказали: „уголъ А“, то было бы не понятно, о какомъ именно углѣ мы говоримъ, и потому въ этомъ случаѣ принято говорить такъ: уголъ ВАС, уголъ САС и уголъ САД.

Углы, какъ и всякая математическая величина, могутъ быть больше и меньше и потому они сравнимы между собою. Но величина угла, какъ это видно изъ его опредѣленія, ничуть не зависитъ отъ длины его сторонъ, ибо эти стороны можно увеличивать сколько угодно, ни чуть не увеличивая степени наклоненія одной стороны къ другой.

Мѣра угла есть число градусовъ и его подраздѣленій, которое заключаетъ въ себѣ дуга, захватываемая сторонами данного угла и при надлежащая къ той окружности, центръ которой лежитъ въ его вершинѣ. Такъ, напр., уголъ ROR' измѣряется числомъ градусовъ, минутъ, секундъ и терцій дуги RR' (Рис. 7).

На практикѣ углы измѣряются при помощи особаго инструмента, т. е. транспортира, представляющаго собою металлическій или прозрачный роговой полукругъ съ обозначеніемъ центра, который накладывается при измѣреніи на вершину угла, и точными дѣленіями полукружности на градусы и его доли, по количеству которыхъ, захватываемыхъ сторонами данного угла, можно судить о величинѣ этого послѣдняго.

Прямымъ угломъ называется такой уголъ, стороны котораго взаимно перпендикулярны. Таковы углы АСД и СДВ (рис. 4).

Въ геометріи доказывается слѣдующее:

- 1) Всѣ прямые углы равны между собою.
- 2) Сумма всѣхъ угловъ, имѣющихъ въ нѣкоторой точкѣ одну общую вершину и расположенныхъ по обѣ стороны какой-либо прямой линіи, проведенной черезъ эту ихъ общую вершину, въ одной изъ точекъ этой прямой линіи—равна двумъ прямымъ угламъ.
- 3) Сумма всѣхъ угловъ, имѣющихъ въ нѣкоторой точкѣ одну общую вершину и расположенныхъ по обѣ стороны какой-либо прямой линіи, проведенной черезъ эту ихъ общую вершину, — равна четыремъ прямымъ.

Прямые углы всегда имѣютъ въ себѣ 90° , т. е. четверть окружности, и, слѣдовательно, представляютъ собою нѣкоторую постоянную.

опредѣленную величину, а потому и всѣ вообще углы принято называть въ отношеніи къ прямому углу.

Такъ, острыми называютъ всѣ углы, меньшіе прямого, а тупыми—всѣ углы большіе прямого. Слѣдовательно, уголь, напр., въ 60° будетъ острый, а въ 100° —тупой; уголь ВСД (рис. 5)—острый, а АСД—тупой.

Углы составляются не только прямыми линиями, но и кривыми между собою и съ прямыми линиями.

Углы, составленные кривыми, называются криволинейными, а составленные кривою съ прямыми линиями—смѣшанными (рис. 12 и 13).

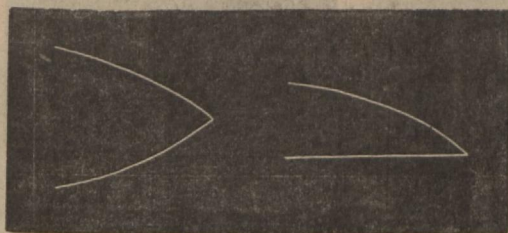


Рис. 12.

Рис. 13.

Прямолинейныя фигуры. Прямолинейною фигурою называется всякая часть поверхности, ограниченная со всѣхъ сторонъ прямыми линиями.

Эти фигуры классифицируются по числу сторонъ, т. е. по числу прямыхъ линий, ограничивающихъ данную фигуру; сумма длинъ всѣхъ сторонъ прямолинейной фигуры называется ея периметромъ.

Прямолинейная фигура не можетъ имѣть менѣе трехъ сторонъ, ибо меньшимъ числомъ прямыхъ линий нельзя ограничить вполне поверхность; но вмѣстѣ съ тѣмъ число сторонъ можетъ быть велико до безконечности. Во всякомъ случаѣ, въ каждой прямолинейной фигурѣ столько угловъ, сколько сторонъ.

Прямая линия, соединяющая между собою вершины двухъ угловъ, не имѣющихъ ни одной общей стороны, называется диагональю фигуры. Такимъ образомъ, двѣ прямыя линии, пересекающіяся въ точкѣ O (рис. 20), будутъ называться диагоналями.

Правильными прямолинейными фигурами называются

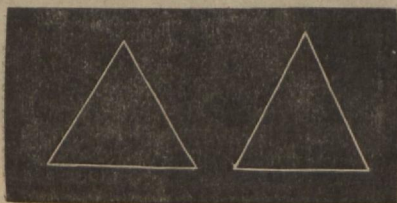


Рис. 14.

Рис. 15.

такія, которыя имѣютъ всѣ углы и всѣ стороны равными между собою, прочія же фигуры считаются неправильными.

Въ геометріи приняты такія названія: **Треугольникъ**—фигура, имѣющая три стороны (рис. 14—18), **Четырехугольникъ**—фигура, имѣющая четыре стороны (рис. 19—24), **Пятиугольникъ**—фигура, имѣющая пять сторонъ (рис. 25) и т. д., причемъ всѣ вообще фигуры, имѣющія болѣе четырехъ сторонъ, принято называть вообще многоугольниками или полигонами, хотя это ничуть не исключаетъ и спеціальнаго наименованія по числу угловъ или сторонъ; такъ, напр., многоугольникъ, имѣющій пятнадцать сторонъ или угловъ, помимо общаго названія, можно назвать пятнадцатигульникомъ.

Треугольникъ—просвѣщая изъ прямолинейныхъ фигуръ.

Мы рассмотримъ слѣдующіе треугольники:

Равносторонний, у котораго всё три стороны равны между собою (рис. 14), равнобедренный, у котораго только двѣ стороны равны между собою (рис. 15), неправильный, у котораго нѣтъ равныхъ между собою сторонъ, прямоугольный, имѣющій одинъ прямой уголъ (рис. 16), тупоугольный, имѣющій одинъ тупой уголъ (рис. 17), остроугольный, у котораго всё три угла острые.

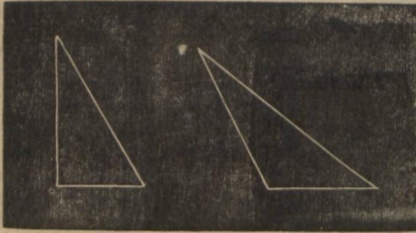


Рис. 16.

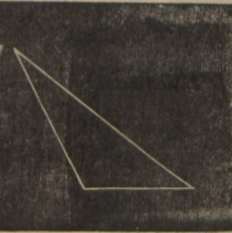


Рис. 17.

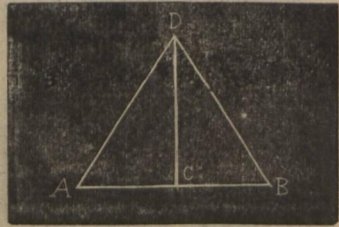


Рис. 18.

Какая-либо сторона треугольника принимается за основную и называется основаніемъ или базой; вершина угла, лежащаго противъ основанія, называется вершиною треугольника, а перпендикулярная къ основанію прямая линия, проходящая черезъ вершину, — высотой даннаго треугольника. Такъ (рис. 18) АВ есть основаніе треугольника АД, точка Д—вершина его, а прямая линия СД—его высота. Въ прямоугольномъ треугольникѣ двѣ стороны, составляющія прямой уголъ, называются катетами, а третья сторона — гипотенузою.

Между четырехугольниками мы различаемъ: Квадратъ—имѣетъ все стороны равными между собою и все углы—прямыми (рис. 19). Ромбъ—все стороны его равны между собою, но углы не прямые (рис. 20). Прямоугольникъ—имѣющій все углы прямыми, но стороны неравными между собою (рис. 21). Параллелограммъ—имѣетъ противолежащія стороны равными и параллельными, но углы—не прямыми (рис. 22). Трапеція—имѣетъ только двѣ стороны параллельными, но неравными. Трапециодъ или просто четырехугольникъ неправильный—не имѣетъ ни равныхъ, ни параллельныхъ сторонъ, ни равныхъ угловъ (рис. 23).

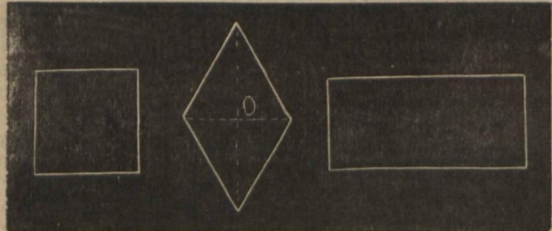


Рис. 19.

Рис. 20.

Рис. 21.



Рис. 22.

Рис. 23.

Рис. 24.

Рис. 25—27 представляют собою различные правильные многоугольники.

Во всех четырехугольниках, имеющих две стороны параллельными, высотой называется прямая линия, перпендикулярная к нимъ объёмъ.

Фигуры вписанныя и описанныя. Вписанною называется всякая прямолинейная фигура, вершины всехъ угловъ которой лежатъ на окружности. Рис. 28.

Описанною называютъ прямолинейную фигуру, все стороны которой суть касательныя къ окружности. Рис. 29.

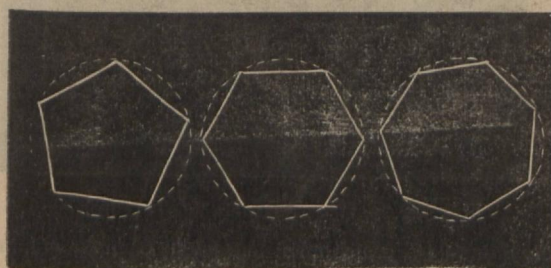


Рис. 25.

Рис. 26.

Рис. 27.

Соответственно этому, окружность называется описанной, когда на ней лежатъ вершины всехъ угловъ данной прямолинейной фигуры, и вписанной, когда все стороны данной фигуры представляют собою касательныя къ этой окружности

Многогранники.

Многогранникомъ называется тѣло, ограниченное въ своемъ объёмъ со всехъ сторонъ плоскостями.



Рис. 28.

Рис. 29.

Граними многогранника будутъ, поэтому, плоскости, его ограничивающія, а ребрами—прямые линіи, ограничивающія, въ свою очередь, эти грани, т. е. плоскости; вершинами многогранника называются вершины угловъ, образуемыхъ гранями, и діагоналями—прямые линіи, соединяющія двѣ противоположныя вершины, не имѣющія общихъ граней.

Многогранникъ считается правильнымъ, если все его грани суть правильныя прямолинейныя фигуры, равныя одна другой, и все углы равны между собою, все же прочіе многогранники считаются неправильными. Подъ словомъ центръ многогранника разумѣютъ такую точку внутри данного многогранника которая лежитъ въ равномъ разстояніи отъ всехъ его вершинъ.

Правильные многогранники.

Существуетъ пять правильныхъ многогранниковъ: Тетраэдръ или трехгранникъ, составленный изъ трехъ правильныхъ и равныхъ между собою треугольниковъ (рис. 30). Гектаэдръ или кубъ,

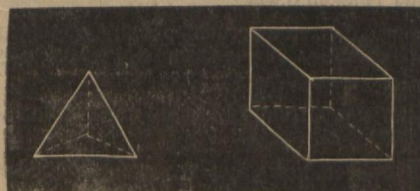


Рис. 30.

Рис. 31.

составленный из шести равных между собою квадратов (рис. 31). Октаэдръ или восьмигранникъ, составленный изъ восьми правильныхъ и равныхъ между собою треугольниковъ (рис. 32). Додэкаэдръ или двѣнадцатигранникъ, составленный изъ правильныхъ и равныхъ между собою пятиугольниковъ (рис. 33). Икосаэдръ или двадцатигранникъ, составленный изъ двадцати правильныхъ и равныхъ между собою треугольниковъ (рис. 34).

Неправильные многогранники. Существуетъ безчисленное множество неправильныхъ многогранниковъ, изъ коихъ мы назовемъ только слѣ-

дующіе: Пирамида (рис. 34) представляетъ собою многогранникъ, составленный изъ нѣсколькихъ треугольниковъ, имѣющихъ одну общую точку, называемую вершиною пирамиды, и треугольника, четырехугольника или вообще многоугольника, называемого базой или ос-

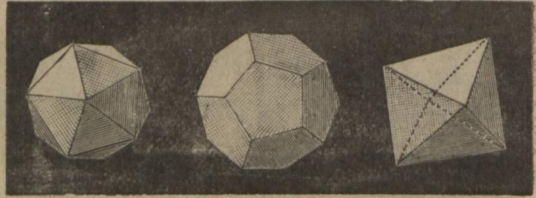


Рис. 32.

Рис. 33.

Рис. 34.

нованіемъ; перпендикулярная къ плоскости основанія и проходящая черезъ вершину прямая линія называется въ соотою пирамиды. Въ зависимости отъ того, что служить основаніемъ пирамиды: треугольникъ, четырехъ-, пяти-, шестиугольникъ и т. д., она называется трехъ-, четырехъ-, пяти-, шестигранною и т. д.

Призмой называютъ многогранникъ, составленный изъ нѣсколькихъ параллелограммовъ, ограниченныхъ сверху и снизу двумя равными и параллельными многоугольниками (рис. 36 и 37). Параллелограммъ — по поверхности призмы, оба многоугольника суть основанія. Наконецъ, высота—это перпендикуляръ, идущій отъ одной изъ точекъ одного изъ оснований къ другому. Призму называютъ прямою, когда ея боковыя грани, т. е. тѣ, которыя идутъ отъ одного основанія къ другому,—перпендикулярны этимъ основаніямъ. Во всякомъ другомъ случаѣ она—косая. Многоугольниками основаній могутъ быть треугольники, четырехугольники, пятиугольники и пр.

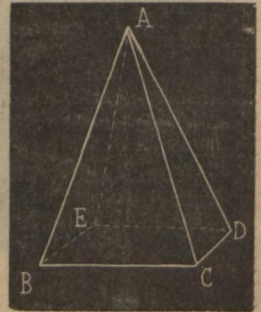


Рис. 35.

Параллелоипедъ — это призма, поверхности которой параллелограммы (рис. 38).

Параллелоипедъ называютъ прямымъ, когда его ребра перпендикулярны плоскости оснований и косымъ во всехъ другихъ случаяхъ.

Прямоугольнымъ параллелоипедомъ называется просто прямой параллелоипедъ, основаніе котораго—прямоугольникъ.

Параллелоипедъ, шесть поверхностей котораго будутъ квадраты, называется кубомъ.

Круглыя тѣла. Круглыми тѣлами называются тѣ, которыя ограничиваются кривыми поверхностями. Наиболѣе замѣчательныя изъ нихъ слѣдующія: цилиндръ, конусъ и шаръ.

ности, которая увеличивает давление на ее опоры и усиливает трение въ машинѣ. Механикъ долженъ озаботиться о томъ, чтобы части машины были прочны, чтобы матеріалъ для постройки не былъ употребленъ въ излишкѣ и, наконецъ, чтобы она имѣла достаточную устойчивость.

Здѣсь мы дадимъ краткія свѣдѣнія о сопротивленіи матеріаловъ и условіяхъ устойчивости вообще.

Сопротивленіе матеріаловъ. Если къ концу проволоки или деревяннаго стержня привѣсигь грузъ, то часто замѣчается слѣдующее явленіе: пока грузъ не очень великъ, проволока или стержень удлиняются на нѣкоторую величину, но все же поддерживаютъ грузъ. Одновременно съ увеличеніемъ груза это удлиненіе будетъ увеличиваться и, наконецъ, при очень значительномъ грузѣ произойдетъ разрывъ. Сила, съ которою стержень сопротивляется разрыву наз. его сопротивленіемъ растяженію. Эта сила измѣряется наибольшою нагрузкою, которую можетъ вывести стержень безъ разрыва.

Къ желѣзной проволоцѣ, имѣющей сѣченіе въ 1 кв. линію, можно привѣсить грузъ не болѣе 450 фунтовъ; при болшей же нагрузкѣ она разрывается, почему и говорятъ, что сопротивленіе растяженію такой проволоки = 450 фунтамъ. Отсюда понятно, что если проволока будетъ имѣть двойную толщину, т. е. 2 кв. линіи, то она въ состояніи выдержать и вдвое болший грузъ, именно до 900 фунтовъ и т. д.

Результаты опытовъ надъ сопротивленіемъ растяженію различныхъ матеріаловъ приводятся въ таблицахъ. Въ сооруженіяхъ брусья никогда не подвергають усиліямъ, равнымъ ихъ полному сопротивленію, а только $\frac{1}{6}$ части, когда издѣліе металлическое, и $\frac{1}{10}$, если оно изъ дерева. Это дѣлается изъ той предосторожности, что матеріалъ иногда не во всѣхъ частяхъ можетъ имѣть одинаковое сопротивленіе вслѣдствіе неоднородности состава и другихъ причинъ.

Если на вертикально стоящій брусъ будемъ накладывать различныя грузы, то при извѣстномъ грузѣ брусъ будетъ укорачиваться; затѣмъ, если длина его значительна, онъ подается въ сторону и, наконецъ, сломится. Когда брусъ коротокъ, то произойдетъ раздробленіе безъ предварительнаго изгиба. Та сила, съ которою брусъ сопротивляется раздробленію наз. его сопротивленіемъ сжатію и раздробленію.

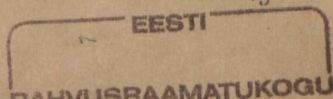
Деревянные части обыкновенно разщепляются безъ выгибанія даже при длинѣ въ десять разъ превосходящей ихъ ширину. До изгиба сопротивленіе сжатію дерева равно половинѣ сопротивленія растяженію, а для металловъ оба эти сопротивленія равны. Объясняется это тѣмъ, что волокна дерева при сжатіи дѣйствуютъ другъ на друга подобно клиньямъ, чего не бываетъ при металлахъ.

Сопротивленіе сжатію имѣетъ особенное значеніе при устройствѣ фундамента для сооруженія: каменнаго, на сваяхъ и на слѣб бетона, которыми должнъ быть приданы достаточныя поперечныя сѣченія, чтобы они не раздробились отъ лежащаго на нихъ груза. Такъ, на 1 кв. дюймѣ свай можно безопасно наложить 11 пудовъ груза. Положимъ, что на сваяхъ, изъ коихъ каждая имѣетъ 100 кв. дюймовъ въ поперечномъ сѣченіи и слѣдов. можетъ вывести грузъ въ 1.100 пуд., должно быть поставлено сооруженіе 1.100.000 пуд. необходимое число свай опредѣляется такъ:

$$\frac{1.100000}{1100} = 1000.$$

Слѣдовательно, грузъ долженъ быть распределенъ на 1000 сваяхъ.

Когда брусъ однимъ концомъ задѣланъ въ стѣну, а на другомъ его концѣ наложить грузъ, который дѣйствовалъ бы по направленію перпен-
Спутникъ механика.



дикулярному къ длинѣ бруса, то послѣдній будетъ сгибаться и, наконецъ, при нѣкоторой величинѣ груза сломится. Сила, съ которой брусъ въ этомъ случаѣ сопротивляется перелому, наз. ея сопротивленіемъ изгибу.

При разсмотрѣніи изгиба, предшествовавшаго перелому, можно замѣтить, что волокна, лежація въ верхней части бруса, вытягиваются, находящіяся же въ нижней части—выжимаются. Слѣдовательно, сопротивленіе изгибу состоитъ изъ сопротивленія сжатію и сопротивленія растяженію. Переломъ бруса произойдетъ немедленно послѣ того, какъ натяженіе верхнихъ волоконъ превзойдетъ сопротивленіе тѣла растяженію или сжатіе нижнихъ достигнетъ той величины, при которой давленіе между частицами волокна равно сопротивленію тѣла сжатію.

Волокна, лежація въ среднемъ продольномъ сѣченіи бруса при этомъ подвергаются только изгибу, а не вытягиваются и не сжимаются.

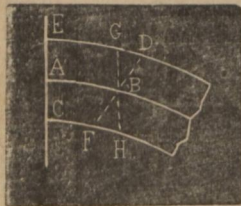


Рис. 42.

Положимъ (рис. 42), что CEDF представляетъ собою часть согнутой балки, волокна которой до изгиба имѣли всѣ одинаковую длину, именно длину среднихъ волоконъ АВ, которая при изгибѣ не подверглась ни сжатію, ни растяженію; очевидно, волокна этой части балки CEDF будутъ стремиться вращать поперечное сѣченіе балки DBF около В, именно волокна ED будутъ стремиться укоротиться до первоначальной длины своей EG, а волокна CD удлиннятся до СН; это стремленіе сѣченія DF къ вращенію около В для удержанія балки въ согнутомъ видѣ должно

уравновѣситься силою, сгибающею балку.

Положимъ, мы имѣемъ другую балку изъ того же матеріала съ тою же шириною, но съ высотой FD вдвое большею, и положимъ, что изгибъ этой балки продолжится до тѣхъ поръ, пока наружное волокно, длиною въ АВ не растягивается на ту же длину GD.

Всѣ волокна этой балки точно такъ же растянутся или сожмутся, какъ и волокна первой балки; слѣдовательно, ихъ сопротивленія растяженію и сжатію будутъ равны. Но такъ какъ высота послѣдней балки вдвое болѣе высоты предыдущей, то число дѣйствующихъ въ ней силъ будетъ также вдвое болѣе. Эти силы стремятся повернуть представленную часть балки около В на разстояніяхъ вдвое большихъ, чѣмъ равносильныя имъ волокна прежде разсмотрѣнной нами балки, а потому онѣ дѣйствуютъ здѣсь на плечи рычаговъ вдвое болѣе, т. е. оказываютъ на вращеніе балки двойное дѣйствіе, сравнительно съ силами, дѣйствующими въ первой балкѣ. Итакъ, здѣсь дѣйствующихъ вдвое болѣе силъ, чѣмъ прежде и при томъ каждая сила стремится разогнуть балку съ напряженіемъ въ два раза большимъ. Слѣдовательно, для поддержанія бруса въ изогнутомъ состояніи нужна сила въ 4 раза большая, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ.

Если взять брусъ, имѣющій высоту въ три раза большую, то для растяженія наружнаго волокна на длину GD нужна сила $3 \times 3 = 9$; при высотѣ въ 4 раза болѣе сгибающая сила увеличится въ 16 разъ, и т. д.

Изъ этого видно, что сопротивленіе балокъ изгибу увеличивается, какъ квадраты ихъ высотъ.

Чѣмъ шире балка, тѣмъ сопротивленіе изгибу будетъ болѣе, а чѣмъ она длиннѣе, тѣмъ меньше. На самомъ дѣлѣ, плечо рычага, на которое дѣйствуетъ грузъ, производя вращеніе около точки В, становится вдвое длиннѣе, а слѣдовательно и сгибающее дѣйствіе груза становится при этомъ вдвое болѣе.

Деревянная балка, закрѣпленная однимъ концомъ и имѣющая, положимъ, 1 футъ въ высоту и 1 футъ въ ширину, на разстояніи отъ мѣста

задѣлки можетъ выдерживать грузъ въ 20 тысячъ фунтовъ; на разстоянїи же 10 фуговъ—только 2 тысячи фунтовъ, т. е. въ десять разъ менѣйшій.

Если такую балку разрѣзать вдоль на четыре части, изъ которыхъ каждая будетъ имѣть въ высоту по 1 футу, а ширину $\frac{1}{4}$ фута, то каж-

дая изъ такихъ досокъ можетъ выдержать грузъ $= \frac{2050}{4} = 512$ фунтамъ.

Если же мы повернемъ доску такъ, что высота ея сдѣлается шириною а ширина высотой, т. е. положимъ плашмя, то въ этомъ положенїи доска можетъ выдержать только $\frac{1}{16}$ груза. Если мы ту же балку разрѣжемъ на четыре квадратныхъ бруска, такъ что длина и высота будетъ по $\frac{1}{2}$ фута, то сопротивленїе одного такого бруска, вслѣдствїе на половину уменьшенной ширины, будетъ вдвое меньше прежняго, а вслѣдствїе уменьшенной на половину высоты— $\frac{1}{4}$ сопротивленїя цѣлой балки. Слѣдовательно, такой брусъ выдержитъ грузъ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ того груза, который выдерживаетъ цѣлая балка, а всѣ 4 бруска могутъ выдержать половину прежняго груза.

Итакъ, во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, гдѣ приходится балки подвергать значительнымъ сгибающимъ усилямъ, нужно по возможности увеличивать ихъ высоту, а ширину дѣлать только такую, при которой выгибанїе балки было-бы невозможно. Чугунныя балки, которымъ можно придать во время литья произвольную форму обыкновенно дѣлають высокими и узкими, а для того, чтобы они не гнулись, имѣются боковыя ребра.

Такъ какъ верхнїй слой балки, укрѣпленной однимъ концомъ, подверженъ наибольшему растяженїю, а нижнїй—сжатїю, то понятно, что стремленїе этихъ слоевъ принять свою первоначальную форму будетъ болѣе другихъ слоевъ. Отъ этихъ слоевъ и зависитъ способность балки удерживать первоначальную форму—ея сопротивленїе.

Тѣмъ обстоятельствомъ, что изломъ происходитъ только тогда, когда растяженїе или сжатїе крайнихъ волоконъ зайдетъ за извѣстный предѣлъ, объясняется, напр., тотъ фактъ, что тонкая проволока можетъ быть значительно изгибаема, между тѣмъ какъ толстая балка, сдѣланная изъ того же матеріала, можетъ, не ломаясь, претерпѣвать только едва замѣтный изгибъ.

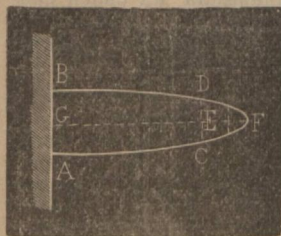


Рис. 43.

Въ балкѣ (рис. 43), имѣющей, одинаковую по всей длинѣ своей ширину и толщину, сопротивленїя во всѣхъ поперечныхъ сѣченіяхъ равны. Но сѣченію АВ соответствуетъ наибольшее плечо G ломающей силы, слѣдовательно и наибольшее дѣйствїе оной, и потому въ немъ произойдетъ изломъ.

Сѣченію CD соответствуетъ плечо, длиною только въ EF, и изломъ въ этомъ сѣченіи можетъ произойти только такъ, какъ если-бы часть балки BDCA была задѣлана въ стѣну, и только часть DCF выдавалась бы изъ последней. Если EF, примѣрно, составляетъ только четвертую часть длинѣ CF, то и сопротивленїе въ АВ можетъ быть равно только 4-й части сопротивленїя въ сѣченіи CD; слѣдовательно, балка въ сѣченіи CD будетъ также хорошо сопротивляться излому, какъ и въ сѣченіи АВ; то же достигается если, оставивъ вездѣ одну и ту же, высоту, мы сдѣлаемъ ея ширину въ CD въ 4 раза менѣе, чѣмъ въ АВ или же, оставивъ ту же ширину, уменьшимъ ея высоту на половину, ибо сопротивленїе уменьшается пропорціонально квадратамъ высотъ.

На разстояніи $\frac{1}{9}$ длины GF ширина балки при той-же высотѣ можетъ быть равна $\frac{1}{9}$ ширины на задѣланномъ концѣ, а при этой жеширинѣ достаточна $\frac{1}{3}$ длины АВ и т. д.

Мы только что разсмотрѣли тотъ случай, когда въ балкѣ, задѣланной однимъ концомъ, сгибающая сила дѣйствуетъ на конецѣ балки, и когда, слѣдовательно, изломъ можетъ произойти у мѣста задѣлки, т. е. плечо ломающей силы равняется всей длинѣ балки, причемъ равнодѣйствующая всѣхъ отдѣльныхъ давящихъ грузовъ пройдетъ черезъ ея средину и произведетъ то же самое дѣйствіе, какъ если бы весь грузъ былъ сосредоточенъ на этомъ мѣстѣ балки. Очевидно, что въ этомъ случаѣ плечо ломающей силы будетъ равно только половинѣ всей длины балки, т. е. сила эта, имѣющая плечо, равное половинѣ длины балки, будетъ ломать тѣло такъ же, какъ сила, равная половинѣ всего груза и приложенная къ концу балки.

Такимъ образомъ, брусъ, выдерживающій на своемъ концѣ извѣстный грузъ, можетъ выдержать вдвое большій грузъ, если только этотъ грузъ будетъ распределенъ равномерно по длинѣ бруса.

Если балка обоими концами лежитъ на опорахъ и нагружена по срединѣ, то она выгибается, а при значительно большемъ грузѣ переламывается именно въ томъ мѣстѣ, на которое наложенъ грузъ. Концы балки давятъ на опоры; если же мы эти опоры замѣнимъ силами, равными давленію на нихъ производимому, и противоположно направленными, то въ состояніи балки и ея изгибъ никакой перемѣны не произойдетъ. Такъ, напр., если балка, подпертая на концахъ, нагружена 1000 фунтами посрединѣ, то она давитъ на каждую опору въ 500 фунтовъ, если же вмѣсто опоръ будутъ дѣйствовать силы по 500 фунтовъ снизу вверхъ, то балка, какъ и прежде, будетъ оставаться въ покоѣ. Если эту балку укрѣпить посрединѣ, то и отъ этого состояніе покоя не нарушится, но силу въ 1000 фунтовъ можно тогда снять со средины, отчего никакихъ измѣненій въ изгибѣ не послѣдуетъ. Затѣмъ, если мы будемъ разсматривать только половину балки, то увидимъ, что случай этотъ приводится къ тому, когда балка, длиною вполонину всей разсматриваемой нами длины, однимъ концомъ укрѣплена неподвижно, а на другомъ силою въ 500 фунтовъ сгибается по направленію вверхъ.

Такимъ образомъ, для того чтобы балка выдержала на своей срединѣ грузъ въ 1000 фунтовъ необходимо, чтобы она была равносильна съ балкой, имѣющей длину только $\frac{1}{2}$ ея длины, задѣланной однимъ концомъ въ стѣну, а на другомъ—нагруженной 500 фунтами.

Въ машинахъ разсматривается еще одинъ родъ сопротивленія, именно сопротивленіе валовъ и осей, подверженныхъ вращенію. Валъ претерпѣваетъ к р у ч е н і е всякій разъ, когда на него дѣйствуютъ силы, стремящіяся вращать его концы въ разныя стороны. Если одинъ конецъ бруса неподвиженъ, то для крученія достаточно поворачивать его свободной конецъ.

Между волокнами вала, подверженнаго крученію есть такое, которое не измѣняетъ своей первоначальной формы и длины и называется о с ѣ ю к р у ч е н і я .

Положимъ мы имѣемъ цилиндрической брусъ, одинъ конецъ котораго укрѣпленъ, а къ другому концу прикрѣплено колесо, блокъ или рычагъ.

Назовемъ чрезъ R — длину рычага, чрезъ P — силу, приложенную къ концу рычага перпендикулярно къ плечу по направленію крученія.

Тогда $P \times R$ будетъ моментъ силы, производящій скручиваніе бруса около его оси.

Величина скручиванія или уголъ крученія прямо пропорціоналенъ.

моменту $P \cdot R$ и длинѣ бруса, и обратно пропорціоналенъ диаметру бруса, возвышенному въ четвертую степень *).

Положимъ, что разсматриваемый нами брусъ въ какомъ-нибудь сѣченіи не окажетъ достаточнаго сопротивленія моменту вращенія; въ этомъ случаѣ неминуемо должно произойти разьединеніе волоконъ тѣла, причѣмъ волокна ближайшія къ поверхности, скручиваясь винтообразно, разрываются.

Назовемъ чрезъ F величину силы въ фунтахъ, которая въ состояніи разорвать на поверхности бруса сѣченія въ 1 кв. д.; выражая P и R въ фунтахъ и дюймахъ, получимъ моментъ разрыва для крупнаго цилиндрическаго бруса, діаметромъ d дюймовъ:

$$P \cdot R = \frac{\pi}{16} F \cdot d^3 = 0,19635 F \cdot d^3$$

и для бруса съ квадратнымъ сѣченіемъ, котораго сторона $= h$ дюймамъ.

$$P \cdot R = \frac{1}{3 \sqrt{2}} F \cdot h^3 = 0,23571 F \cdot h^3.$$

Если площади сѣченія квадратнаго и круглаго бруса равны между собою, то ихъ моменты относятся какъ 0,83:1, т. е. круглый брусъ крѣпче квадратнаго.

Величина F въ фунтахъ на кв. д. сѣченія опредѣлена опытами и составляетъ:

Для чугуна	47200 — 55000
„ желѣза	71300 — 78800
„ дуба	4400 — 6300

При опредѣленіи размѣровъ приводныхъ валовъ обыкновенно дается число оборотовъ въ минуту и работа, которую валъ долженъ передавать.

Скручивающій моментъ будетъ:

$$P \cdot R = 68801,3 \frac{A}{n},$$

гдѣ A означаетъ число передаваемыхъ силъ, n — число оборотовъ въ минуту. Вставивъ это выраженіе въ первое, выведенное для цилиндрическихъ валовъ, получимъ:

$$d^3 = \frac{68801,3}{0,19635 F} \cdot \frac{A}{n} = \frac{350401,3}{F} \cdot \frac{A}{n}.$$

Если два вала дѣлаютъ одинаковое число оборотовъ въ минуту, то силы, которыя они способны передавать, пропорціональны кубу ихъ діаметровъ. Слѣдовательно, если одинъ валъ вдвое толще другого, то онъ можетъ передать $2 \times 2 \times 2 = 8$ разъ большую силу.

*) Возвышеніе въ четвертую степень производится такъ: положимъ даю какое-нибудь число, напр., 2; тогда имѣемъ: $2 \times 2 = 4$, $4 \times 2 = 8$ и $8 \times 2 = 16$. Слѣдовательно число умножается само на себя 4 раза, т. е. $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^4 = 16$. Корень четвертой степени изображается такъ:

$$\sqrt[4]{16} = 2$$

Если валы передают одинаковое число силъ, то валъ, имѣющій большую скорость вращенія, можно сдѣлать тоньше, ибо въ этомъ случаѣ толщина валовъ обратно пропорціональна кубическому корню изъ числа оборотовъ. Напр., если одинъ валъ дѣлаетъ въ 27 разъ больше

оборотовъ, чѣмъ другой, то [толщина его можетъ быть въ $\sqrt[3]{27} = 3$ раза меньше.

Два вала должны имѣть одинаковую толщину, если отношеніе числа передаваемыхъ силъ къ числу оборотовъ для обоихъ одинаково. Положимъ напр., что одинъ валъ передаетъ 60 силъ при 60 оборотахъ въ минуту, а другой только 8 силъ при 8 оборотахъ, то толщина ихъ должна быть одинакова.

По Буханину діаметръ вала, который передаетъ 50 силъ при 50 оборотахъ въ минуту долженъ быть приблизительно 7 дюймовъ.

Вставивъ эту величину въ послѣднее уравненіе, получимъ:

$$F = \frac{350401,3}{343} \cdot \frac{50}{50} = 1022 \text{ ф.}$$

Если валъ чугунный, то $\frac{47200}{1022}$ будетъ болѣе чѣмъ 46-ти кратная прочность.

Валы съ такою прочностью въ настоящее время не дѣлаютъ, считая болѣе чѣмъ достаточнымъ, да и то въ рѣдкихъ случаяхъ, 30-ти кратную прочность. Въ этомъ случаѣ для чугуна $F = 1500$ ф., для желѣза $F = 2400$ ф.

Эти величины даютъ:

$$\text{для чугуна } d = 0,15 \sqrt[3]{P \cdot R} \text{ и } d = 6,299 \sqrt[3]{\frac{A}{n}}$$

$$\text{для желѣза } d = 0,12 \sqrt[3]{P \cdot R} \text{ и } d = 5,12 \sqrt[3]{\frac{A}{n}}$$

гдѣ d и R выражены въ дюймахъ, P —въ фунтахъ.

1) Положимъ, что къ окружности чугуннаго колеса, радіусъ котораго = 14 дюймамъ, приложенъ грузъ въ 3.600 фунтовъ; какой толщины долженъ быть валъ?

$$d = 0,15 \sqrt[3]{3600 \times 14} = 5,54 \text{ дюйма.}$$

2) Какую силу передастъ желѣзный валъ въ 3,5 д. толщиной, дѣлающій 80 оборотовъ?

$$\text{Возьмемъ формулу } d = 5,12 \sqrt[3]{\frac{A}{n}}, \text{ отсюда}$$

$$A = \frac{d^3 \cdot n}{(5,12)^3} = \frac{(3,5)^3 \cdot 80}{(5,12)^3} = 26,5 \text{ лш. силъ.}$$

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены величины $\frac{A}{n}$, соответствующія діаметрамъ валовъ 1—13 дюймовъ.



Диаметръ валовъ.	Соотвѣтств. величины $\frac{A}{n}$		Диаметръ валовъ.	Соотвѣтств. величины $\frac{A}{n}$	
	для чугуна.	для жельза.		для чугуна.	для жельза.
1,0"		0,00745	4,8"	0,4425	0,8642
1,2		0,0129	5,0	0,5002	0,9312
1,4		0,0204	5,2	0,56265	1,0475
1,6		0,0305	5,4	0,6301	1,1731
1,8		0,0434	5,6	0,7027	1,3084
2,0	0,0320	0,0596	5,8	0,7808	1,4536
2,2	0,0426	0,0794	6,0	0,8643	1,6092
2,4	0,0549	0,1030	6,5	1,0989	2,0459
2,6	0,0703	0,1309	7,0	1,3725	2,5553
2,8	0,0878	0,1635	7,5	1,6882	3,1431
3,0	0,1080	0,2011	8,0	2,0488	3,8145
3,2	0,1311	0,2441	8,5	2,4575	4,5754
3,4	0,1572	0,2928	9,0	2,9172	5,4312
3,6	0,1866	0,3476	9,5	3,4309	6,3876
3,8	0,2195	0,4088	10,0	4,002	7,4502
4,0	0,2560	0,4768	10,5	4,6323	
4,2	0,29635	0,5520	11,0	5,3261	
4,4	0,3407	0,6346	11,5	6,0859	
4,6	0,3898	0,7246	12,0	6,9148	
			12,5	7,8156	
			13,0	8,7915	

Положимъ, что требуется опредѣлить толщину вала, который передаетъ 50 силъ при 40 оборотахъ въ минуту. Въ этомъ случаѣ $\frac{A}{n} =$

$= \frac{50}{40} = 1,25$. Если валъ чугунный, то величина діаметра заключается между 6,5 и 7 д., для желѣзнаго — 5,4 — 5,6 д.

3) Желѣзный валъ, діаметромъ въ 4 дюйма, дѣлаеть 60 оборотовъ въ минуту; спрашивается, сколько силъ онъ можетъ передать?

По таблицѣ для $d = 4$ дюймамъ отношеніе $\frac{A}{n}$ для желѣзнаго вала 0,4768. Слѣдовательно $A = 0,4768 \times 60 = 28,6$.

Веревки, цѣпи и проволочные канаты. §

Крѣпость веревки зависитъ отъ доброкачественности пеньки, изъ которой свита веревка. Эта крѣпость прямо пропорціональна числу прядей и толщинѣ веревки и обратно пропорціональна степени скручиванія веревки. Это скручиваніе не должно превосходить извѣстныя предѣлы, опредѣленные практикой; отдѣльныя пряди не должны при свиваніи укорачиваться болѣе $\frac{1}{5}$ первоначальной длины, ибо дальнѣйшее скручиваніе (до $\frac{1}{3}$ длины) уменьшаетъ прочность веревки.

Такъ, изъ опытовъ извѣстно, что канатъ, прядь котораго при свиваніи укоротилась на $\frac{1}{5}$ ея длины выдержала грузъ въ 6205 фунтовъ, между тѣмъ какъ такой же канатъ, скрученный на $\frac{1}{4}$ длины, выдержалъ только 4850 фунтовъ.

Мокрыя и осмоленные веревки менѣ прочны, чѣмъ сухія, такъ какъ отъ присутствія воды волокна пеньки дѣлаются толще и короче.

Прочность осмоленной веревки весьма зависитъ отъ способа осмаливанія, т. е., будетъ ли веревка осмолена готовой, или отдѣльныя пряди покрыты смолой до крученія. Последнія веревки прочнѣе первыхъ, такъ какъ смола лучше проникаетъ между волокнами веревки. Качество смолы также имѣетъ вліяніе на прочность каната или веревки. Такъ, березовый деготь и вообще чистая смола, безъ вредныхъ примѣсей, сохраняетъ веревки, тогда какъ дурная смола разрушаетъ волокна пеньки.

Для подвижныхъ веревокъ, переброшенныхъ черезъ блоки, можно безопасно и въ теченіи продолжительнаго времени допустить нагрузку до 1,500 фунтовъ на кв. дюймъ. Вообще же, при такихъ условіяхъ, натяженіе веревки берется: для слабыхъ веревокъ $\frac{1}{6}$ часть груза, а для крѣпкихъ — только $\frac{1}{5}$ часть предѣльной нагрузки.

Для мокрыхъ и осмоленныхъ веревокъ берутъ только $\frac{3}{4}$ груза, допускаемаго безопасно на кв. дюймъ поперечнаго сѣченія сухихъ и несмоленныхъ веревокъ. Слѣдовательно:

$$\frac{3}{4} \cdot 1500 = 1125 \text{ фунтовъ.}$$

Обозначая черезъ d діаметръ веревки въ дюймахъ,

P —грузъ, выдерживаемый веревкою безопасно,

для несмоленныхъ веревокъ получимъ:

$$P = \frac{1}{4} d^2 \cdot \pi \cdot 1500 = 1180 d^2 \dots \dots \dots (1)$$

Откуда:

$$d = 0,029 \sqrt{P} \dots \dots \dots (2)$$

Для смоленныхъ веревокъ съ содержаніемъ смолы до $\frac{1}{3}$ вѣса каната:

$$P = \frac{1}{4} d^2 \cdot \pi \cdot 1125 = 885 d^2 \dots \dots \dots (3)$$

Откуда:

$$d = 0,034 \sqrt{P} \dots \dots \dots (4)$$

Въсь погоннаго фута веревки несмоленной 0,28 d³ фунтовъ
 „ „ „ „ „ 0,33 d³ „

Если извѣстна прочность веревки опредѣленнаго вѣса, то прочность другой веревки, слѣдланной изъ того же качества матеріала, можно найти изъ отношенія ихъ вѣсовъ.

Задача. Несмоленная веревка, длиною 10 футовъ, и вѣсомъ 3 фунта, выдержала безопасно грузъ 1250 фунтовъ. Спрашивается, сколько можетъ выдержать другая несмоленная веревка той-же длины, вѣсящая 5¹/₂ фунтовъ?

Мы знаемъ, что прочность прямо пропорціональна ея вѣсу

$$3 : 5\frac{1}{2} = 1250 : x$$

$$x = \frac{1250 \cdot 5\frac{1}{2}}{3} = 2292 \text{ фунтамъ.}$$

На основаніи вышеприведенныхъ формулъ выведена слѣдующая таблица вѣса и прочности веревокъ различныхъ діаметровъ.

Діаметръ веревки въ дюймахъ d.	Вѣсь въ фунтахъ, при длинѣ въ 10 футъ.		Безопасная нагрузка.	
	несмоленная 2,8 d ³ .	смоленная 3,3 d ³ .	несмоленная P=1180 d ³ .	смоленная P=885 d ³ .
1/16	0,011	0,013	4,6	3,5
1/8	0,044	0,052	18,4	14,0
3/16	0,10	0,112	41,4	31,5
1/4	0,17	0,206	73,7	55,3
5/16	0,27	0,32	115	86,0
3/8	0,40	0,46	165	125
7/16	0,54	0,63	225	169
1/2	0,70	0,82	295	221
5/8	1,10	1,30	460	346
3/4	1,57	1,85	664	498
7/8	2,15	2,54	901	678
1	2,80	3,30	1180	885
1 1/8	3,50	4,18	1493	1120
1 1/4	4,37	5,15	1844	1382
1 3/8	5,28	6,24	2220	1672
1 1/2	6,30	7,38	2655	1990
1 5/8	7,38	8,72	3097	2336
1 3/4	8,57	10,19	3614	2709
1 7/8	9,83	11,60	4147	3110
2	11,20	13,20	4730	3540
2 1/8	12,63	14,91	5328	3995
2 1/4	14,17	16,68	5974	4480
2 3/8	15,77	18,62	6056	4991
2 1/2	17,50	20,50	7375	5530
2 5/8	19,27	22,75	8131	6098
2 3/4	21,17	24,92	8824	6690
2 7/8	23,11	27,29	9753	7315
3	25,20	29,70	10625	7965

Сопротивленіе цѣпей. Цѣпи дѣлаются изъ отдѣльныхъ кольцообразныхъ звеньевъ, имѣющихъ большею частью эллиптическую форму, Кромѣ того, цѣпи бываютъ: прямыя (Рис. 44) и крученныя (Рис. 45).

Скручиваніе звеньевъ цѣпи производится въ сильно накалинномъ состояніи, такъ чтобы оба конца звена по направленію его большой оси были бы перпендикулярны между собою.

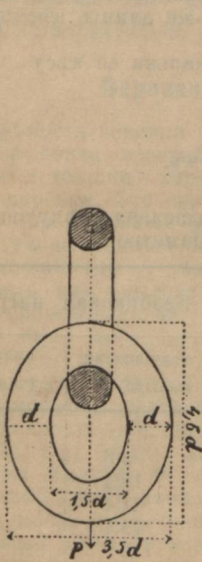


Рис. 44.

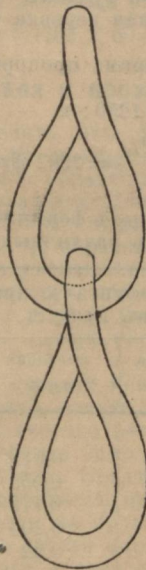


Рис. 45.

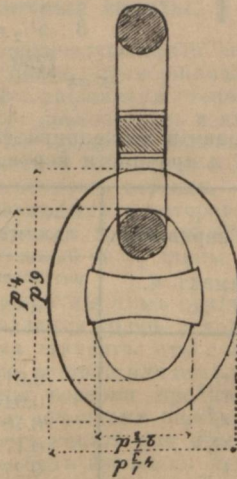


Рис. 46.

Крученныя цѣпи прочнѣе прямыхъ и лучше послѣднихъ обвиваютъ блоки и шкивы. Также точно звенья цѣпи лучше сопротивляются втягивающему усилию, если они имѣютъ по направленію малой оси распорки (Рис. 46), которыя препятствуютъ сближенію боковъ звеньевъ при вытягиваніи отъ дѣйствія тяжелаго груза.

По опытамъ, произведеннымъ надъ различнаго рода звеньями, оказалось, что прочность цѣпи съ короткими звеньями безъ распорокъ относится къ прочности такой-же цѣпи съ распорками, какъ 7 : 9. Затѣмъ, прочность цѣпи съ распорками относится къ прочности цѣпнаго желѣза, какъ 7 : 4^{1/2} и, наконецъ, прочность цѣпи съ короткими звеньями безъ распорокъ, — какъ 5^{1/2} : 4^{1/2}.

Изъ этихъ опытовъ ясно видно, насколько увеличивается прочность цѣпи отъ распорокъ. Если прибавить къ этому еще и то важное обстоятельство, что при цѣпяхъ съ распорками требуется по вѣсу желѣза на ¹/₄ менѣе, чѣмъ при обыкновенныхъ цѣпяхъ, то станетъ понятна выгода употребленія цѣпей съ распорками, кромѣ, конечно, того случая, когда цѣпь проходитъ черезъ шкивъ или блокъ.

При выборѣ цѣпей, обыкновенно, принимается четверная прочность абсолютнаго сопротивленія разрыву. Такъ-какъ для желѣза абсолютное сопротивленіе = 60000 фунтамъ на кв. дюймъ, то безопасная нагрузка будетъ = 15000 фунтамъ.

Если мы обозначимъ черезъ d діаметръ цѣпного желѣза въ дюймахъ, то прочность его будетъ равна:

$$\frac{1}{4} d^2 \cdot \pi \cdot 15000 \text{ фунтовъ.}$$

Отношеніе прочности цѣпи и цѣпного желѣза будетъ:

$$5\frac{1}{2} : 4\frac{1}{2}, \text{ или } 11 : 9$$

и безопасная нагрузка цѣпи безъ распорокъ выразится такъ:

$$P = \frac{1}{4} d^2 \cdot \pi \cdot 15000 \cdot \frac{11}{9} \text{ фун.} = 14400d^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$d = 0,0833 \sqrt{P}.$$

Для цѣпи съ распорками:

$$P = 14400d^2 \cdot \frac{9}{7} = 18500d^2 \dots \dots \dots (2)$$

Діаметръ цѣпного желѣза:

$$d = 0,00763 \sqrt{P}.$$

Что касается вѣса цѣпи, то онъ опредѣляется такъ:
Большая ось эллипса (Рис. 5) равна 3,6d, а малая—2,5d
Окружность эллипса будетъ:

$$1,99 \cdot \pi \sqrt{\frac{(1,8 d)^2 + (1,25d)^2}{2}} = 9,7 d^2$$

Рассматривая звено этой цѣпи, какъ загнутый цилиндръ, длиною въ 10 d, получимъ объемъ звена.

$$\frac{1}{4} d^2 \cdot \pi \cdot 10d = 7,854 d^3 \text{ куб. дюймовъ.}$$

Принимая вѣсъ кубическаго дюйма цѣпного желѣза = 0,276 фунтамъ найдемъ, что каждое звено будетъ вѣсить:

$$7,854 d^3 \cdot 0,276 = 2167 d^3 \text{ фунтовъ.}$$

Такъ какъ на погонный футъ цѣпи идетъ звеньевъ $\frac{12\frac{1}{2}}{2,6d}$,

то, слѣдовательно, погонный футъ цѣпи будетъ вѣсить:

$$2,167 d \cdot \frac{12}{2,6d^3} = 10d^2 \text{ фунтовъ.}$$

По опытамъ, произведеннымъ англійскими инженерами, при испытаніи прочности цѣпей, были получены слѣдующіе результаты: цѣпь полдюмоваго круглаго желѣза разорвалась при грузѣ 13.500 фунтовъ, а дюмоваго—при грузѣ 52000 фунтовъ. Эти результаты близко подходят къ числамъ приведенной ниже таблицы.

По Морену, сила, которую должна выдержать желѣзная цѣпь, употребляемая во французскомъ флотѣ = 26780 на квадратный дюймъ двойной площади сѣченія желѣза для цѣпей съ поперечниками, въ которыхъ діаметръ желѣза болѣе $\frac{1}{2}$ дюйма. Для болѣе тонкихъ цѣпей и безъ поперечницъ эта пробная сила = 22050 фунтамъ.

При такой силѣ предполагается только двойная прочность. Если же принять для обыкновеннаго употребленія четверную прочность, то крѣпость въ фунтахъ будетъ:

для цѣпей съ поперечинами . . . 210 d²
 " " безъ поперечинъ . . . 173 d²

Въ русскомъ флотѣ пробный грузъ принимается на кв. дюймъ поперечнаго сѣченія желѣза:

для цѣпей съ поперечинами . . . 28,420 фунтовъ.
 " безъ поперечинъ . . . 18,950 "

Въ зависимости отъ діаметра d звена пробный грузъ будетъ:

для цѣпей съ поперечинами . . . 1111 d² пудовъ.
 " " безъ поперечинъ . . . 744 d² "

Для прочнаго сопротивленія можно принять только половину груза именно:

для цѣпей съ поперечинами . . . 558 d² пудовъ.
 " " безъ поперечинъ . . . 372 d² "

Вѣсъ погонной сажени:

цѣпей съ поперечинами . . . 11,73133 d² пудовъ.
 " безъ поперечинъ . . . 1,893 d² пудовъ.

Вѣсъ и прочность цѣпей безъ распорокъ.

Діаметръ цѣпного желѣза въ дюймахъ. d	Вѣсъ 10 погонныхъ футовъ цѣпи въ фунт. 100 d ² .	Нагрузка при 4-й прочности до раз- рыва. 14400d ² .
1/16	0,39	56
1/8	1,56	225
3/16	3,51	506
1/4	6,25	900
5/16	9,76	1406
3/8	14,06	2025
7/16	19,14	2756
1/2	25,00	3600
9/16	31,64	4556
5/8	39,06	5625
11/16	47,26	6806
3/4	56,25	8100
13/16	66,01	
7/8	76,55	9506
15/16	87,88	11025
1	100,00	12656
		14400

На всѣхъ лучшихъ заводахъ, занимающихся изготовленіемъ цѣпей, послѣднія всегда при выпускѣ изъ завода подвергаются пробѣ. Не мѣшаетъ замѣтить, что цѣпи отъ долговременнаго употребленія и, въ осо-

бенности, если онъ бываютъ подвержены частому сотрясенію, мѣняютъ внутреннее волокнистое сложеніе на зернистое, причемъ цѣпь разрывается, не выдерживая и половины положеннаго для нея груза. Чтобы избѣжать этой неприятности, можно посоветовать снимать такіа цѣпи (какъ напр., при подъемныхъ кранахъ) каждые 3-4 года, закаливать ихъ до свѣтлокраснаго каленія и охлаждать въ золь.

Эта операція возстановляетъ въ желѣзѣ его волокнистое сложеніе и цѣпь служитъ, какъ новая, только-что выпущенная съ завода.

Сопротивленіе проволочныхъ канатовъ. Для изготовленія проволочныхъ канатовъ пряди скручиваются изъ (3—6) проволокъ одинаковой толщины. Изъ 4—8 такихъ прядей, скрученныхъ вмѣстѣ, образуютъ канатъ.

Проволочные канаты часто употребляются для передачи вращательнаго движенія отъ одного шкива къ другому на большомъ разстояніи. Такіе канаты отлично удовлетворяютъ своему назначенію, гдѣ употребляются барабаны и шкивы большихъ размѣровъ и гдѣ, вообще, передача движенія посредствомъ ремня или веревки оказалась бы неудобной.

Скручиваніе прядей каната необходимо для того, чтобы сила распредѣлилась равномерно по всемъ проволокамъ.

Отвѣсные проволочные канаты (для висячихъ мостовъ) дѣлаются иногда, переплетая проволокою пучекъ параллельныхъ проволокъ. Покрытая проволоку цинкомъ (гальванизируя) можно, на весьма продолжительное время, предохранить такой канатъ отъ ржавчины.

Изъ опытовъ дознано, что средній грузъ для разрыва на квадратный дюймъ поперечнаго сѣченія проволочнаго каната будетъ 47000 фунтовъ, т. е. почти на половину меньше абсолютнаго сопротивленія проволоки, не подверженной скручиванію.

Принявъ за коэффициентъ прочности только 9000 фунтовъ, т. е. почти пяттерную прочность для разрыва и обозначивъ чрезъ Р грузъ, который можетъ выдержать канатъ въ теченіи продолжительнаго промежутка времени, чрезъ d—полный діаметръ каната въ дюймахъ, получимъ:

$$P = \frac{1}{4} d^2 \cdot \pi \cdot 9000 = 7068 d^2 \dots (1)$$

$$d = 0,0119 \sqrt{P} \dots (2)$$

Всѣхъ погоннаго фута проволочнаго каната принимаютъ $= 0,75 d^2$, гдѣ d—діаметръ каната въ дюймахъ.

Задачи на сопротивленіе канатовъ, цѣпей и проволочныхъ канатовъ.

Задача I. Пеньковый осмоленный канатъ, длиною въ 250 футовъ, долженъ выдерживать грузъ въ 4,000 фунтовъ.

Опредѣлить діаметръ каната?

Обозначивъ діаметръ каната чрезъ d, найдемъ, что всѣхъ его выражается такъ:

$$0,33 d^2 \times 250 = 82,5 d^2 \text{ фунтовъ.}$$

Нагрузка каната будетъ:

$$P = 4000 + 82,5 d^2 \text{ фунтовъ,}$$

діаметръ смоленнаго каната будетъ:

$$d = 0,0034 \sqrt{P} = 0,034 \cdot \sqrt{(4000 + 82,5 d^2)}$$

Откуда:

$$d = 2\frac{1}{4} \text{ дюйма.}$$

Диаметру каната въ $2\frac{1}{4}$ дюйма соотвѣтствуетъ грузъ 4480 фунтовъ, при условіи не принимать во вниманіе вѣсъ каната. Эту погрѣшность на практикѣ исправляютъ такъ; опредѣляютъ диаметръ каната, пренебрегая его вѣсомъ, затѣмъ по полученному диаметру опредѣляютъ вѣсъ каната, прилагаютъ его къ данному грузу и повторяютъ вычисленіе.

Точно такимъ же способомъ дѣлаютъ вычисленія, когда требуется опредѣлить размѣры тѣлъ, подверженныхъ дѣйствию различныхъ усилій.

Вѣсъ и прочность проволочныхъ канатовъ.

Диаметръ въ дюймахъ. d	Собственный вѣсъ на 10 ф. длины. 7,5 d ² .	Безопасная нагрузка на кв. д. въ фунтахъ. P=7068 d ² .
$\frac{1}{8}$	0,117	110
$\frac{1}{4}$	0,468	441
$\frac{3}{8}$	1,05	994
$\frac{1}{2}$	1,87	1767
$\frac{5}{8}$	2,93	2761
$\frac{3}{4}$	4,42	3975
$\frac{7}{8}$	5,74	5411
1	7,50	7060
$1\frac{1}{8}$	9,43	8945
$1\frac{1}{4}$	11,72	11043
$1\frac{3}{8}$	14,18	13362
$1\frac{1}{2}$	16,83	15912
$1\frac{5}{8}$	19,80	18662
$1\frac{3}{4}$	23,17	21664
$1\frac{7}{8}$	26,37	24847
2	30,00	28272

Задача II. Опредѣлять отношеніе вѣсовъ несмоленнаго каната, цѣпи и проволочнаго каната при одинаковой ихъ прочности.

Обозначимъ:

Диаметръ пеньковаго каната черезъ d
 „ круглой жел. цѣпи „ d'
 „ проволоч. каната „ d''

Изъ предыдущаго намъ извѣстно, что вѣсъ P:

для пеньковаго каната = 1180 d²
 „ желѣз. цѣпи = 14400 d'²
 „ проволоч. каната = 7068 d''²

Отсюда:

$$d''^2 = \frac{1180}{14400} d^2$$

$$d''^2 = \frac{1180}{7068} d^2$$

Отношеніе вѣсовъ одинаковой прочности

пеньк. п.	цѣпь	пров. к.
$0,28 d^2$	$: 10 d'^2$	$: 0,76 d''^2$

Подставляя вмѣсто d'^2 и d''^2 ихъ величины, получимъ:

$$0,28 d^2 : 10 \cdot \frac{1180}{14400} \cdot d^2 : 0,7 \frac{1180}{7068} \cdot d^2$$

или, произведя надлежашія вычисленія, получимъ:

пеньк. к.	цѣпь	пров. к.
28	: 80	: 13

Изъ этого отношенія вѣсовъ пеньковаго каната, цѣпи и проволочнаго каната, очевидно, что, при одинаковой прочности, пеньковѣй канатъ будетъ въ три раза легче цѣпи, между тѣмъ какъ послѣдняя въ шесть разъ тяжелѣе проволочнаго каната.

Задача III. Нужно замѣнить цѣпь для крана, у которой звенья имѣютъ длину въ 3 дюйма, двумя другими, меньшими цѣпями. Каковы должны быть размѣры звеньевъ этихъ послѣднихъ цѣпей?

Длина звена = $4,6 d$, гдѣ d , — діаметръ цѣпного желѣза въ нашемъ случаѣ будетъ:

$$4,6 d = 3 \text{ дюймамъ,}$$

откуда:

$$d = \frac{3}{4,6} = 0,65 \text{ дюймамъ.}$$

Если мы, далѣе, обозначимъ черезъ P грузъ, выдерживаемый безопасно первою цѣпью, то каждая изъ двухъ малыхъ цѣпей будетъ выдерживать грузъ = $\frac{1}{2} P$.

Грузы, выдерживаемые цѣпями, относятся между собою, какъ квадраты діаметровъ цѣпного желѣза.

Обозначивъ діаметръ цѣпного желѣза малой цѣпи черезъ d , имѣемъ:

$$P : \frac{1}{2} P = 0,65^2 : d'^2$$

$$1 : 0,7 = 0,65 : d''$$

$$\text{откуда } d' = 0,7 \cdot 0,65 = 0,455 \text{ дюймовъ.}$$

Итакъ, размѣры звеньевъ будутъ:

$$\text{длина } 0,455 \times 4,6 = 2,09 \text{ дюйма,}$$

$$\text{ширина } 0,455 \times 3,5 = 1,59 \text{ дюйма,}$$

Задача IV. Кусокъ гранита длиною 7 футовъ, шириною въ $2\frac{1}{2}$ фута и толщиною въ 2 фута требуется поднять помощью подъемнаго крана. Определить толщину цѣпного желѣза для крана?

Найдемъ кубическое содержаніе гранита.

$$7 \times 2\frac{1}{2} \times 2 = 35 \text{ куб. футовъ.}$$

Слѣдовательно, вѣсъ гранита будетъ:

$$35 \times 170 = 5950 \text{ фунтовъ.}$$

Обозначивъ толщину цѣпного желѣза черезъ d , по формулѣ для безопасной нагрузки, получимъ:

$$d = 0,00833 \sqrt{V 5950} = 0,64 \text{ дюйм.}$$

Слѣдовательно, размѣры звена будутъ:

$$\begin{aligned} \text{длина, } & 0,64 \times 4,6 = 2,94 \text{ дюйм.,} \\ \text{ширина, } & 0,64 \times 3,5 = 2,24 \text{ дюйм.} \end{aligned}$$

Законы движенія.

Всякая перемѣна мѣста, занимаемаго тѣломъ, наз. движеніемъ. Для движенія необходимо время; тѣло не можетъ въ одно и то же время находиться въ двухъ различныхъ мѣстахъ.

Простейшее движеніе то, при которомъ тѣло въ равныя времена проходитъ равныя пространства. Такое движеніе наз. равномернымъ. Въ промышленности во многихъ случаяхъ стараются производить равномерное движеніе, но строго говоря, до сихъ поръ вполне равномернаго движенія получить не удалось. Особенно необходима равномерность движенія въ часахъ, но извѣстно, что и самыя лучшія часы не всегда идутъ вѣрно. Въ природѣ мы знаемъ только одинъ примѣръ равномернаго движенія, это обращеніе земли и др. планетъ вокругъ ихъ осей.

Равномерное движеніе можетъ быть вполне опредѣлено, когда извѣстенъ путь, по которому движется тѣло и то пространство, которое оно проходитъ въ опредѣленное время, т. е. скорость. Обыкновенно принимаютъ, что скорость въ равномерномъ движеніи есть пространство пробѣгаемое тѣломъ въ одну секунду.

Если бросить шаръ вдоль шероховатой поверхности то онъ, пробѣжавъ короткій путь, остановится; но гладкому пути, напр. по льду, тотъ же шаръ будетъ катиться дольше. На неровной каменной дорогѣ экипажъ самъ по себѣ остановится, лишь только лошади перестанутъ его тащить, между тѣмъ по гладкому рельсовому пути, чтобы остановить идущій поѣздъ надо колеса локомотива и вагоновъ затормозить. Эти примѣры показываютъ, что движущееся тѣло имѣетъ стремленіе продолжать начатое движеніе, пока какая нибудь внѣшняя причина не предотвратитъ остановки движенія. Кромѣ того, тѣло находящееся въ покоѣ сохранить его до тѣхъ поръ пока, какая либо посторонняя причина не приведетъ его въ движеніе.

Этотъ весьма важный законъ наз. закономъ инерціи. Онъ представляетъ намъ то начало, на которомъ основана вся наука о движеніи, механика. Законъ инерціи можетъ быть выраженъ такъ: тѣло не можетъ само по себѣ выходить изъ своего состоянія покоя или движенія.

Лучшимъ доказательствомъ этого закона служить движеніе земли: земля на своемъ пути не встрѣчаетъ неровностей и препятствій, а потому, подчиняясь закону инерціи, съ древнѣйшихъ временъ совершаетъ полные обороты въ ровныя времена.

Если одно тѣло не можетъ придти въ движеніе, то нѣсколько тѣлъ могутъ приводить въ движеніе другъ друга, или одно изъ нихъ можетъ остановить движеніе другого. Мы напр. знаемъ, что желѣзо притягивается магнитомъ; намъ также извѣстно, что всѣ тѣла падаютъ къ землѣ, вслѣдствіе взаимнаго притяженія земли и падающаго тѣла. Отъ такихъ внѣшнихъ дѣйствій происходятъ обыкновенно измѣненія въ состояніи покоя и движенія тѣлъ. Понятно, что вслѣдствіе этихъ причинъ движеніе тѣлъ можетъ постепенно ускоряться или же замедляться. Пер-

вый родъ движенія наз. ускореннымъ, а второй — замедленнымъ или укосне ннымъ движеніемъ. Примѣръ ускореннаго движенія представляетъ намъ всякое тѣло, когда оно начинаетъ движеніе: падающее тѣло, экипажъ вначаль движенія, поѣздъ желѣзной дороги, отходящій со станціи до времени его полного хода и т. д. Тѣло, брошенное вверхъ а также экипажъ и поѣздъ желѣзной дороги въ концѣ ихъ движенія представляютъ примѣры движенія замедленнаго.

Причину, производящую ускореніе и замедленіе вообще наз. силою; въ послѣднемъ случаѣ ее также можно назвать сопротивленіемъ. Такъ, между желѣзомъ и магнитомъ проявляется притягательная сила, влѣдствіе которой наиболѣе подвижное изъ этихъ тѣлъ подвигается къ другому. Паденіе тѣлъ происходитъ влѣдствіе дѣйствія силы тяжести. Постепенное же замедленіе катящагося тѣла объясняется сопротивленіемъ отъ тренія шара о почву и сопротивленіемъ воздуха.

Вообще, тѣло можетъ находиться въ покоѣ или равномерно двигаться только въ томъ случаѣ, когда на него вовсе не дѣйствуютъ силы или когда онѣ уничтожаютъ дѣйствіе одна другою. Въ послѣднемъ случаѣ говорятъ, что силы находятся въ равновѣсіи.

Механическую работою вообще наз. дѣйствіе, произведенное силою для преодоленія какого либо сопротивленія. Вели, напр., сила назначена на поднятіе груза, то дѣйствіе, произведенное силою при этомъ поднятіи будетъ работою силою.

Сила, сообщающая тѣлу ускореніе и вообще измѣняющая его скорость, преодолевая инерцію, производитъ работу. Величина преодолеваемого сопротивленія, а слѣдовательно и работы, расходуемой на преодоленіе этого сопротивленія, зависитъ отъ величины самой силы: чѣмъ больше будетъ эта сила, тѣмъ большее сопротивленіе она должна преодолѣть. Кромѣ того величина работы зависитъ также отъ пространства, на протяженіи котораго сила дѣйствовала, т. е. того пути, который проходитъ точка подъ влияніемъ дѣйствія силы.

Понятно, что будучи пропорціональна величинѣ силы и пройденному пути, работа должна быть пропорціональна произведенію этихъ величинъ. Слѣдовательно, механическая работа, произведенная въ определенное время, состоитъ изъ произведенія двухъ множителей: силы, выраженной вѣсомъ, и пространства, пройденнаго этою силою, т. е. работа равна силѣ на пройденный путь.

Для различныхъ системъ мѣръ единица работы будетъ различна: для русскихъ принять пудофутъ, т. е. работа силы, поднимающей одинъ пудъ на высоту одного фута; по метрической системѣ — килограмметръ, т. е. работа, необходимая для поднятія одного килограмма на высоту одного метра,

Когда сила производитъ работу въ теченіи продолжительнаго времени, напр. нѣсколько часовъ, причемъ сопротивленіе остается постояннымъ, то понятно, что величина производимой работы будетъ пропорціональна времени. Въ этомъ случаѣ для измѣренія работы опредѣляютъ величину работы, производимой силою, въ теченіи одной секунды; единицею работы тогда принимаютъ работу, равную 15 пудофутамъ въ секунду, называя ее паровою лошадыю; по метрической системѣ паровая лошадь равна 75 килограммометрамъ въ секунду.

Такимъ образомъ, если сила производитъ въ каждую секунду 45 пудофутовъ работы, то говорятъ, что работа силы равна тремъ паровымъ лошадамъ; при 60 пудофутахъ работы — четыремъ паровымъ лошадямъ и т. д.

Основной законъ, вытекающій изъ равенства работъ силъ, можетъ быть выраженъ такъ: сколько въ определенномъ количествѣ работы теряется въ силѣ, столько же выигрывается въ скорости или въ пройденномъ пути и наоборотъ.

Къ числу силъ, производящихъ движеніе, относятся: мускульная сила человѣка и животныхъ, силы—вѣтра, воды, пара, газа и электричества; но всѣ эти силы, въ большинствѣ случаевъ, могутъ быть употреблены съ пользою для преодоленія извѣстныхъ сопротивленій, только при посредствѣ особо принаровленныхъ къ тому машинъ, изученіе которыхъ составляетъ предметъ практической механики.

Машиною называютъ систему тѣлъ, соединенныхъ между собою извѣстнымъ образомъ и служащихъ для передачи механической работы или приведенія въ движеніе другихъ станковъ и машинъ.

Силы, дѣйствующія на машину во время ея движенія, можно подраздѣлить на:

1) Силы, дѣйствующія по направленію совершающагося движенія, производятъ положительную или движущую работу, которую машина передаетъ обрабатываемому тѣлу или станку. Силы, производящія наз. движущими силами или двигателями.

2) Сопротивленія обрабатываемыхъ тѣлъ или станковъ, направленныхъ въ сторону обратную движенію машины производятъ отрицательную работу или работу полезныхъ сопротивленій, преодоленіе которыхъ составляетъ прямую цѣль механическихъ операцій.

3) Всѣ части машины, при своемъ движеніи, подвергаются тренію другъ о друга и ударамъ. Кромѣ того, для движенія самой машины, необходимо преодолѣть инерцію движущихъ ея частей. Всѣ такія сопротивленія относятся къ числу вредныхъ или бесполезныхъ сопротивленій.

4) Наконецъ, части машинъ, какъ имѣющія извѣстный вѣсъ, подвержены силѣ тяжести. Когда при движеніи машины центры тяжести ея опускаются, работа силы будетъ продолжительна, при поднятіи же этихъ частей тяжесть является какъ сила сопротивленія и производитъ отрицательную работу.

Наконецъ, центры тяжести могутъ оставаться все время на одной высотѣ; въ этомъ случаѣ работа силы тяжести равна нулю. Иногда, въ одной и той же машинѣ сила тяжести дѣйствуетъ попеременно, то какъ сила движущая, то какъ сопротивленіе. Положи тѣ, мы имѣемъ какую либо часть машины, вращающуюся около горизонтальной оси, не проходящей чрезъ центръ тяжести; этотъ послѣдній при вращеніи будетъ то подыматься, то опускаться и, слѣдовательно, работа вѣса этой части будетъ періодически мѣнять свой знакъ, дѣлаясь то положительной, то отрицательной. Работу эту надо подразумѣвать какъ вошедшую въ составъ двигателя, если сила тяжести направлена въ сторону движенія, или въ составъ работы вредныхъ сопротивленій, когда направленіе вѣса частей противоположно ихъ движенію.

Для различнаго рода двигателей, работающих при опредѣленныхъ условіяхъ, существуютъ извѣстныя, опредѣленные величины усилія и скорости, при которыхъ количество работы, доставляемой двигателемъ въ данное время, бываетъ наибольшимъ; при всякихъ другихъ величинахъ скорости или усилія, работа двигателя не достигаетъ своей наибольшей величины.

Переменные скорости машины могутъ происходить только при измѣненіи силъ, дѣйствующихъ на машину и потому должны быть разсматриваемы какъ явленія ударовъ или толчковъ, всегда сопровождающіяся потерей работы и вредно дѣйствующія на прочное сопротивленіе тѣхъ частей машины, которыя имъ подвергаются. Понятно, что допуская болѣе или менѣе быстрыя и рѣзкія переменны скорости, мы уменьшаемъ прочное сопротивленіе составныхъ частей машины, дѣлаемъ ихъ недолговѣчными и увеличиваемъ расходъ на ремонтъ. Но пониженіе прочнаго сопротивленія вредно еще и въ томъ отношеніи, что при однихъ и тѣхъ же величинахъ дѣйствующихъ силъ, измѣненія формы частей

машины увеличиваются и правильность движенія нарушается. Чѣмъ больше величина скорости движущихъ частей, тѣмъ замѣтнѣе всѣ вредныя послѣдствія ударовъ и вообще неправильности движенія; поэтому надо стараться уменьшать, насколько позволяютъ условія, скорость движенія и, во всякомъ случаѣ, дѣлать ее насколько возможно постоянною.

Итакъ для наиболѣе выгоднаго пользованія машиною, движеніе ея частей должно быть равномернымъ. Всякая машина, при нормальныхъ условіяхъ своей работы, имѣетъ движеніе равномерное или періодическое, если геометрическая связь составныхъ частей машины, или другія какія-либо условія, не допускаютъ равномерности движенія. Слѣдовательно, силы, дѣйствующія на машину во время ея работы, должны быть въ равновѣсіи, или иными словами: работа двигателя должна быть равна суммѣ работъ всѣхъ сопротивленій. Этотъ основной законъ передачи работъ машинами одинаково приложимъ и въ случаяхъ періодическаго движенія, если только оно выражаетъ собою работу въ теченіи дѣлаго числа періодовъ.

Такимъ образомъ не вся работа двигателя расходуется на преодоленіе полезныхъ сопротивленій, но часть ея поглощается работой вредныхъ сопротивленій. Отношеніе полезной работы къ валовой работѣ двигателя носитъ названіе коэффиціента полезнаго дѣйствія; этотъ коэффиціентъ всегда меньше единицы, т. е., составляетъ правильную дробь тѣмъ большую, чѣмъ меньше отношеніе работы вредныхъ сопротивленій къ работѣ двигателя.

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія въ различныхъ машинахъ можетъ быть весьма различенъ и зависитъ отъ большаго или меньшаго совершенства конструціи двигателя и техническаго выполненія постройки частей машины и ея сборки, а также тщательности ухода за машиной во время ея работы.

Коэффиціентъ полезнаго дѣйствія вообще колеблется между 0,25 и 0,75, иногда доходитъ до 0,85. Обыкновенно считается, что машины съ коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія менѣе 0,5 плохой конструціи.

До сихъ поръ мы разсматривали дѣйствіе силы при равномерномъ движеніи, т. е. когда сопротивленія уравновѣшивали силу; если же сила будетъ дѣйствовать на тѣло, которое во время своего движенія или вовсе не встрѣчаетъ сопротивленія, или же сопротивленія такъ малы, что сила превышаетъ ихъ, то въ этомъ случаѣ дѣйствіе силы обнаружится увеличеніемъ скорости тѣла.

Опытъ показываетъ намъ, что одна и та же сила въ равныя времена увеличиваетъ скорость движенія тѣла постоянно на одну и ту же величину, какова бы ни была его постоянная скорость. Такое приращеніе скорости въ одну секунду наз. ускореніемъ.

Одна и та же сила сообщаетъ тѣлу, какова бы ни была его первоначальная скорость равныя ускоренія. Такимъ образомъ, если сообщаемая покоящемуся тѣлу скорость есть дѣйствіе силы, то удвоенная сила должна сообщить тѣлу вдвое большую, а утроенная—въ три раза большую скорость въ одно и то же время, или иначе, ускоренія движенія одного и того же тѣла должны быть пропорціональны дѣйствующимъ на это тѣло силамъ.

Изъ опытовъ извѣстно, что отъ постояннаго дѣйствія на тѣло одной и той же силы или одного и того же избытка силы, если при движеніи встрѣчаются сопротивленія, происходятъ въ равныя времена равныя измѣненія въ движеніи, а именно: въ равныя времена скорость тѣла возрастаетъ на одинаковыя величины и оно принимаетъ такъ называемое равноускоренное движеніе. Всякое падающее тѣло должно имѣть равноускоренное движеніе, если сопротивленіе его, паденію будетъ устранено. Напр., если падающее тѣло вѣситъ 1 фунтъ

то при отсутствіи сопротивленія (въ безвоздушномъ пространствѣ) движущей силой будетъ 1 фунтъ.

Тѣло по окончаніи одной секунды при паденіи получаетъ скорость въ 32 фута, въ чемъ и состоитъ дѣйствіе его силы тяжести. Во вторую секунду дѣйствіе этой силы будетъ такое же, т. е., она снова сообщитъ тѣлу скорость въ 32 фута, вслѣдствіе чего скорость свободно падающаго тѣла по окончаніи второй секунды будетъ $32 + 32 = 64$ фута, а по окончаніи третьей секунды $64 + 32 = 96$ фут. и т. д. Слѣдовательно, падающее тѣло движется равноускореннымъ движеніемъ, при которомъ ускореніе (приращеніе скорости въ одну секунду) = 32 футамъ. Ускореніе для всѣхъ тѣлъ одинаково.

Положимъ, что требуется рѣшить вопросъ, какое пространство проходить тѣло равноускореннымъ движеніемъ, напр., свободно падающее тѣло въ 4 секунды?

Если бы скорость во время движенія оставалась постоянною, что мы имѣемъ при равномерномъ движеніи, то вопросъ разрѣшается просто: напр. если тѣло въ 1 секунду проходитъ путь въ 10 футовъ, то въ 4 секунды $10 \times 4 = 40$ фут. При равноускоренномъ движеніи начальная скорость очень мала и даже можетъ быть равна нулю, а конечная значительно больше. При равноускоренномъ движеніи въ равныя части времени скорость возрастаетъ на одинаковую величину; слѣдовательно, если какое-либо время раздѣлить пополамъ, то частямъ второй половины его соответствуютъ скорости на столько превосходящія скорость въ срединѣ, на сколько скорости частей первой половины времени менѣе этой средней скорости. Поэтому путь, проходимый тѣломъ въ разсматриваемое время, совершенно опредѣлится, если мы примемъ, что тѣло двигалось въ продолженіи его равномерно со скоростью соответствующей его срединѣ, въ данномъ случаѣ со скоростью 64 фута. Слѣдовательно въ 4 секунды пройденное разстояніе будетъ $4 \times 64 = 256$ фут.

Если начальная скорость тѣла равна 6 футамъ и въ продолженіи 5 секундъ равномерно возрастаетъ до 30 футовъ, то средняя скорость этого тѣла, иначе говоря по окончаніи $2\frac{1}{2}$ секундъ, будетъ равна $\frac{6 + 30}{2} = 18$ футамъ. Отсюда можно вывести слѣдующее правило: для

того, чтобы опредѣлить путь, пробѣгаемый тѣломъ, движущимся равноускоренно, въ извѣстное время, надо среднюю величину между начальной и конечною скоростями помножить на число секундъ, заключающихся въ данномъ времени.

То же правило можно примѣнить и для равнозамедленнаго движенія, т. е., на такое движеніе, при которомъ скорость въ равныя времена уменьшается на одну и ту же величину.

Разсмотримъ равноускоренное движеніе нѣсколько подробнѣе.

Положимъ, что тѣло до начала движенія находилось въ покоѣ, т. е. начальная его скорость равна 0. Въ концѣ первой секунды скорость тѣла = 32, слѣдовательно средняя скорость будетъ $\frac{0 + 32}{2} = 16$ и слѣдовательно тѣло пройдетъ пространство $1 \times 16 = 16$ фут.

Въ концѣ второй секунды эта скорость возрастаетъ до $2 \times 32 = 64$, а потому средняя скорость тѣла въ продолженіи двухъ первыхъ секундъ будетъ: $\frac{0 + 64}{2} = 32$, а путь проходимый имъ въ это время $2 \times 32 = 64$, т. е. въ четыре раза больше 16 футовъ, проходимыхъ въ одну секунду.

Такъ же точно для первыхъ секундъ найдемъ, что конечная скорость = $3 \times 32 = 96$; средняя скорость 48, пройденное же пространство $3 \times 48 = 144$ фута, что въ 9 разъ больше 16, и т. д.

Законъ, по которому возрастаютъ числа, выражающія времена паденія, скорости и пути можно выразить въ слѣдующей таблицѣ:

Время движенія.	Конечная скорость.	Пробѣгаемый путь.
1 секунда	$1 \times 32 = 32$	$1 \times 1 \times 16 = 16$
2 "	$2 \times 32 = 64$	$2 \times 2 \times 16 = 64$
3 "	$3 \times 32 = 96$	$3 \times 3 \times 16 = 144$
4 "	$4 \times 32 = 128$	$4 \times 4 \times 16 = 256$
5 "	$5 \times 32 = 160$	$5 \times 5 \times 16 = 400$
и т. д.	и т. д.	и т. д.

Изъ этой таблицы видно, что пространство, пробѣгаемое тѣломъ въ первую секунду, равняется половинѣ ускоренія, т. е. 16. Изъ той же таблицы вытекаетъ правило: чтобы опредѣлить путь, пройденный тѣломъ въ извѣстное число секундъ, надо число секундъ помножить само на себя и на половинцу ускоренія.

Зная скорость, можно опредѣлить соответствующую высоту паденія. Это легко вывести чрезъ сравненіе обѣихъ величинъ между собою.

Такъ, скорость, соответствующая концу шестой секунды, при свободномъ паденіи тѣлъ равняется ушерошенному ускоренію: $6 \times 32 = 192$ фута. Умножая эту величину само на себя получимъ: $192 \times 192 = 36864$; высота же паденія равна $6 \times 6 \times 16 = 576$; отсюда понятно, что для опредѣленія высоты паденія надо полученное произведеніе скорости самой на себя раздѣлить на $32 \times 2 = 64$.

Такимъ образомъ, найдется, что высота паденія, соответствующая скорости 192 фута, равна $\frac{192 \times 192}{2 \times 32} = 576$ фут.

Работу, потребную для сообщенія тѣлу извѣстной скорости, можно вычислить такъ: положимъ, что тѣло, вѣсомъ въ 8 фунтовъ, падаетъ съ высоты 4 фута; работа, которая на это употреблена, а также и та, которая этимъ паденіемъ можетъ быть доставлена будетъ $= 8 \times 4 = 32$ фунтофутамъ. При свободномъ паденіи этого тѣла все дѣйствіе силы въ 8 фунтовъ состоитъ въ сообщеніи тѣлу скорости; скорость же, которую приобретаетъ тѣло, падая съ высоты 4 футовъ, равна 16. Слѣдовательно, для того, чтобы сообщить тѣлу вѣсомъ въ 8 фунтовъ скорость въ 16 футовъ, потребна работа въ 32 фунтофута.

Если пужно сообщить скорость въ 4 фута массѣ въ 120 пудовъ, то необходимая для этого работа опредѣлится такъ: для приобрѣтенія скорости въ 4 фута, тѣло должно упасть съ высоты $\frac{4 \times 4}{64} = \frac{1}{4}$ фута; слѣдовательно, работа силы, необходимая для сообщенія 120 пудамъ скорости въ 4 фута, равна $120 \times \frac{1}{4} = 30$ пудофутамъ.

Возьмемъ другой примѣръ.

Вагонъ вмѣстѣ съ пассажирами вѣситъ 1.000 пудовъ; какъ велика работа для сообщенія ему скорости въ 40 фут.?

Такъ какъ скорость въ 40 футовъ приобретаетъ тѣло, падая съ высоты въ $\frac{40 \times 40}{64} = 25$ футовъ, то для сообщенія этой скорости нагруженному вагону въ 1.000 пуд. вѣсомъ потребуется работа $1.000 \times 25 = 25,000$ пудофутовъ.

Изъ этого примѣра видно, какъ велика должна быть работа, необходимая для сообщенія большой массѣ значительной скорости. Эта работа растетъ въ прямомъ отношеніи съ увеличеніемъ массы, т. е. она удваивается, утраивается и т. д., когда удваивается или утраивается вѣсъ, производимый въ движеніе массу. Но еще быстрѣе возрастаетъ она съ увеличеніемъ скорости, ибо высота, съ которой должно падать тѣло для

приобрѣтѣнія извѣстной скорости растеть какъ соотвѣтственная скорость сама на себя умноженная, или говоря математическимъ языкомъ, какъ квадратъ этой скорости; слѣдовательно, и работа увеличивается, какъ квадратъ возбуждаемой ею скорости. Такъ, напримѣръ, для сообщенія тѣлу, вѣсомъ въ одинъ пудъ, скорости въ 1, 2, 3 фута, потребны работы въ $\frac{1 \times 1}{64}$, $\frac{2 \times 2}{64}$, $\frac{3 \times 3}{64}$ пудофута, которыя возрастають, какъ числа 1, 4, 9.

Если сила дѣйствуетъ на тѣло, находящееся въ покоѣ, то она сообщаетъ ему движеніе; мѣрою этого дѣйствія служатъ приобретаемая тѣломъ скорость или приращеніе скорости, т. е. ускореніе. Если же, напротивъ, сила представляетъ сопротивленіе движенію, то очевидно дѣйствіе ея въ этомъ случаѣ должно состоять въ уменьшеніи скорости или въ замедленіи движенія. Какъ въ первомъ случаѣ ускореніе возрастаетъ въ той же мѣрѣ, какъ и сила, такъ и здѣсь укосненіе удвоится, когда удвоится сопротивленіе, скорость будетъ убывать въ три раза быстрѣе, когда сопротивленіе сдѣлается въ 3 раза болѣе.

Если тѣло бросить вверхъ, то его первоначальная скорость будетъ совершенно такъ же уменьшаться, какъ увеличивается она при паденіи тѣла внизъ.

Положимъ, что начальная скорость тѣла, брошеннаго вверхъ = 96 футамъ; по прошествіи одной секунды она сдѣлается равной $96 - 32 = 64$ фут.; во вторую секунду $64 - 32 = 32$; въ третью $32 - 32 = 0$, т. е., тѣло уже не будетъ двигаться вверхъ, а начнетъ падать. При этомъ паденіи, по окончаніи 1 секунды, оно приобрѣтетъ скорость равную 32 футамъ, во вторую — 64 и въ третью — 96, т. е. равную той, съ которой тѣло было брошено вверхъ. Слѣдовательно, тѣло, брошенное вверхъ по вертикальному направленію со скоростью 96 футовъ, поднимется на такую же высоту, съ которой оно должно упасть, чтобы приобрѣсти скорость въ 96 футовъ, что составитъ $\frac{96 \times 96}{64} = 144$ фута.

Такимъ образомъ, тѣло, поднявшись на 144 фута, произведетъ работу. Если тѣло, напримѣръ, вѣситъ $\frac{1}{4}$ пуда, то эта работа = $144 \times \frac{1}{4} = 36$ пудофутамъ.

Отсюда можно вывести слѣдующій законъ: тѣло, имѣющее нѣкоторую опредѣленную скорость, можетъ проавести работу равную той, которая требовалась бы ему для сообщенія этой скорости, или, что все равно, для отнятія отъ тѣла скорости нужна такая же работа, какъ и для сообщенія ему той же скорости.

На первый взглядъ законъ этотъ можетъ показаться нѣсколько страннымъ. Такъ, извѣстно, напр., когда лошади начинаютъ тащить экипажъ, то при этомъ онъ употребляютъ большее усиліе, чѣмъ когда его останавливаютъ. Это, однако, не противорѣчитъ выведенному закону, ибо приводя въ движеніе экипажъ лошади расходуютъ работу не только для сообщенія массѣ скорости, но также и для преодоленія тренія. При задержаніи же экипажа нужно только отнять скорость, чему треніе не мѣшаетъ, а наоборотъ способствуетъ. Треніе само по себѣ можетъ черезъ нѣкоторый промежутокъ времени прекратить движеніе и потому здѣсь требуется работа силъ для того, чтобы скорѣе остановить экипажъ.

Можно посредствомъ очень простаго прибора сдѣлать этотъ законъ нагляднымъ. Если привѣсить къ ниткѣ (рис. 47) металлическій шарикъ, то нить въ состояніи покоя будетъ направлена отвѣсно по линіи АВ; если же мы отведемъ шаръ въ лѣвую сторону до D, то собственный его вѣсъ заставитъ его опуститься до В съ возрастающею скоростью; достигнувъ В, шарикъ съ приобретенною скоростью будетъ продолжать свое движеніе и поднимется вправо до D, т. е. на такую же высоту, съ которой онъ опустился. Въ этой точкѣ шаръ совершенно по-

теряет свою скорость и снова от собственной тяжести начнет опускаться.

Таким образом будут продолжаться качанія маятника. Для того же, чтобы получить скорость, которую онъ имѣетъ, будучи въ точкѣ В, онъ долженъ упасть съ высоты ЕВ. Если шаръ вѣситъ 2 фунта и разстояние ЕВ равно 1 футу, то работа, которая сообщитъ шару скорость въ точкѣ В = $2 \times 1 = 2$ фунтофутамъ. Съ этою скоростью шаръ можетъ подняться отъ В до D, слѣдовательно, поднять свою тяжесть въ 2 фунта на высоту 1 футъ, т. е., произвести ту же работу $2 \times 1 = 2$ фунтофутамъ, которую сообщила ему скорость.

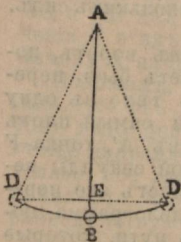


Рис. 47.

Въ дѣйствительности, шаръ не будетъ достигать той высоты, съ ко торой началось паденіе, а постепенно описываетъ все меньшія и меньшія дуги, пока совѣтъ не остановится, что произойдетъ отъ сопротивленія, оказываемаго этому движенію воздухомъ.

Только что выведенный законъ справедливъ и для всякой работы, производимой движущейся массой. Тяжелымъ молотомъ, тяжелой бабой можно сильнѣе дѣйствовать, чѣмъ легкимъ и при томъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ при той же скорости будетъ больше ихъ вѣсъ.

Въ томъ случаѣ, когда величина массы тѣла не можетъ быть произвольно измѣняема, можно измѣнить скорость. Такъ, съ удвоенною скоростью какой либо массы работа, которую она доставитъ, возрастаетъ вчетверо, съ утроеніемъ массы—въ 9 разъ и т. д. Дѣйствіе молота, вѣсомъ въ 10 пудовъ, падающаго съ высоты 2 футовъ, будетъ $10 \times 2 = 20$ пудофутамъ; между тѣмъ какъ дѣйствіе пули, которая вѣситъ только 2 лота, выпущенной изъ ружья, составитъ болѣе 40 пудофутовъ: скорость такой пули равна 1660 футамъ, а соответствующая высота паденія $\frac{1300 \times 1300}{64} = 26400$ футамъ. Слѣдовательно, работа, производимая пулей

до прекращенія ея движенія равна $26400 \times \frac{1}{640} =$ около 41 пудофута. Дѣйствіе же такой пули при паденіи съ такой высоты, съ которой падаетъ вышеупомянутый молотъ будетъ только $\frac{1}{640} \times 2 = \frac{1}{320}$ пудофута; такъ что ее можно поймать рукой.

Работа, производимая движущейся массой, заставляетъ предполагать, что эта масса заключаетъ въ себѣ запасъ нѣкоторой силы, которую принято называть живою силой. Такимъ образомъ живая сила есть количество дѣйствія или работы, накопившейся въ массѣ движущагося тѣла. Эта живая сила движущагося тѣла равна работѣ, которая была употреблена на сообщеніе ему скорости или равна вѣсу тѣла, умноженному на соответственную его скорости высоту паденія.

Отсюда понятно, почему чрезъ продолжительное дѣйствіе, относительно малую силу можно сообщить массѣ значительную скорость и собрать тѣмъ въ ней нѣкоторую работу въ видѣ живой силы массы, а затѣмъ, такимъ образомъ медленно собранную работу употребить или на преодоленіе значительнаго сопротивленія или на произведеніе быстрого и вѣстѣ съ тѣмъ сильнаго давленія.

Въ практикѣ часто приходится преодолевать такое сопрствленіе, которое то уменьшается, то увеличивается, отчего ходъ машины даже при равномерномъ дѣйствіи силы то дѣлается быстрымъ, то почти приостанавливается. Для урегулированія такого движенія является необходимымъ ввести въ машину значительныя массы, обыкновенно въ видѣ колеса и заставляютъ ихъ принимать участіе въ движеніи. Такія колеса

называютъ маховыми. Въ нихъ скапливается запасъ работы, которая расходуется въ то время, когда машина уменьшаетъ скорость. При увеличеніи же скорости, напротивъ, увеличивается запасъ работы и такимъ образомъ ходъ машины уравнивается.

Сложеніе и разложеніе силъ.

Тѣло не всегда можетъ двигаться по направленію дѣйствія силы, такъ какъ на одно и то же тѣло могутъ одновременно дѣйствовать нѣсколько силъ по различнымъ направленіямъ, а потому возникаетъ вопросъ: по какому направленію будетъ двигаться тѣло.

Разсмотримъ простѣйшій случай дѣйствія на тѣло нѣсколькихъ силъ. (Рис. 48).

Положимъ, что на плоту BCDE въ точкѣ А помѣщенъ воротъ, посредствомъ котораго тѣло, находящееся въ точкѣ F можетъ быть перемѣщено въ А. Положимъ, что при такомъ перемѣщеніи тѣло въ одну секунду пройдетъ разстояніе FH. Если въ то же время и самый плотъ передвинется изъ E въ E', то воротъ изъ А перейдетъ въ А', точка F въ G, а точка H въ J', такъ что тѣло по окончаніи одной секунды перемѣстится не въ H а въ J' и путь, по которому произойдетъ это перемѣщеніе, будетъ не FH, а FJ, т. е. будетъ диагональ параллелограмма, построеннаго на линияхъ FH и FG, представляющихъ тѣ пути, которые пробѣжало бы тѣло отъ дѣйствія каждой силы порознь въ то же самое время

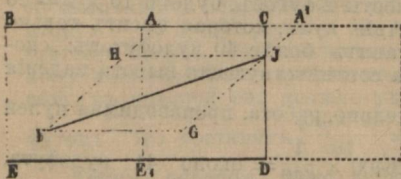


Рис. 48.

Изъ приведеннаго примѣра видно, что въ каждомъ частномъ случаѣ можно начертить путь, пробѣгаемый тѣломъ при дѣйствіи на него нѣсколькихъ силъ.

При спокойномъ состояніи воздуха капли дождя падаютъ на землю по отвѣсному направленію, а во время вѣтра нѣсколько отклоняются, что происходитъ отъ совокупнаго дѣйствія изъ силъ тяжести и движущагося воздуха, который стремится передвинуть эти капли по направленію своего движенія. Лодка, переплывающая рѣку, никогда не достигнетъ того мѣста, къ которому должна была придти, судя по направленію гребли; она принимаетъ движеніе по направленію, которое легко опредѣлить зная силы гребца и скорость имъ сообщаемую, а также извѣстно направленіе и скоросъ теченія воды. То же происходитъ и съ судномъ, которому посредствомъ паруса сообщается движеніе по одному направленію, а посредствомъ весель по другому.

Въ вышеприведенномъ примѣрѣ движенія тѣла по плоту FH представляетъ скорость движущагося тѣла по направленію влекущей силы, FG—скорость по направленію движенія плота, FJ—дѣйствительную скорость, съ которою движется тѣло. Скорости FH и FG называются составляющими скоростями, а скорость FG—ихъ равнодѣйствующею.

Когда на тѣло дѣйствуютъ нѣсколько различныхъ силъ, то каждая изъ нихъ сообщаетъ тѣлу нѣкоторую скорость; скорости эти относятся между собою какъ соотвѣтственныя имъ силы, т. е. удвоенная сила сообщаетъ тѣлу удвоенную скорость, утроенная—утроенную скорость и т. д.

Поэтому, если FH представляетъ собою по величинѣ и направленію ту силу, которая тянетъ тѣло изъ F въ H, а FG—величину и направленіе силы теченія, то движеніе произойдетъ такъ, какъ если бы на тѣло вмѣсто этихъ двухъ силъ дѣйствовала третья сила, которой

величина и направление выражает линия FJ . На этомъ основаніи FG и FH наз. составляющими силами, а FJ ихъ равнодѣйствующею, параллелограммъ $FGJH$ — параллелограммомъ силы.

Отсюда понятно, что двѣ силы, дѣйствующія на тѣло, можно замѣнить одною равнодѣйствующею силою и построениемъ параллелограмма определить напряженіе и направленіе этой равнодѣйствующей. Положимъ, что на тѣло, находящееся въ точкѣ A (рис. 49) дѣйствуютъ по направленію AC и AB двѣ силы, изъ которыхъ одна 5 фунт., а другая 8 фунтовъ; отложивъ по направленію AC отъ точки A пять равныхъ частей, напр. 5 дюймовъ, по направленію же AB —8 дюймовъ, чрезъ опредѣленные отложеніемъ точки D и E проведемъ параллельно линіямъ AC и AB двѣ линіи DG и EH и соединимъ точку A съ точкою пересѣченія F этихъ линій діагональ, эта послѣдняя представитъ собою величину и направленіе равнодѣйствующей данныхъ силъ.

Положимъ, что длина этой линіи будетъ $6\frac{1}{2}$ дюймовъ, то можно сказать, что отъ дѣйствія двухъ силъ AC въ 5 фунтовъ и AB въ 8 фунтовъ тѣло движется по направленію AF , такъ какъ если бы на него по этому направленію дѣйствовала одна сила въ $6\frac{1}{2}$ фунтовъ. Слѣдовательно, все равно, если при разсмотрѣніи этого движенія мы будемъ принимать, что дѣйствуютъ двѣ силы AE и AD или только одна имъ равнодѣйствующая AF .

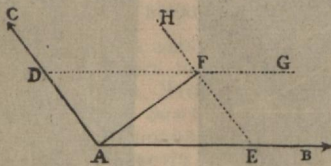


Рис. 49.

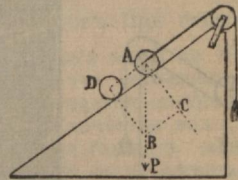


Рис. 50.

Если на одну и ту же точку тѣла дѣйствуютъ три силы, то, замѣняя сначала двѣ силы одной равнодѣйствующей, а затѣмъ соединяя эту равнодѣйствующую съ третьей силой, мы получимъ силу, которая можетъ замѣнить всѣ три силы.

Такимъ образомъ нѣсколько силъ могутъ быть замѣнены одною силою, но бываетъ иногда полезно замѣнить одну силу нѣсколькими. При этомъ такую силу надо разсматривать какъ равнодѣйствующую нѣсколькихъ силъ и разложить ее на составляющія.

Положимъ, что на наклонно поставленной доскѣ лежитъ шаръ (рис. 50). Отъ собственнаго вѣса шаръ сталъ бы опускаться по отвѣсной линіи, но свободному его паденію препятствуетъ доска и онъ скатывается съ послѣдней. Движущая сила при этомъ будетъ сила тяжести шара; ее можно разложить на двѣ другія силы, изъ которыхъ одна AC будетъ перпендикулярна къ плоскости доски, а другая AD параллельна ей. Первая составляющая прижимаетъ тѣло къ доскѣ, не поднимаетъ и не опускаетъ его; она не производитъ движенія и уничтожается сопротивленіемъ доски; вторая, напротивъ, встрѣчая по направленію AD только одно сопротивленіе, именно треніе о доску, сообщаетъ тѣлу ускоренное движеніе по своему направленію.

Для того, чтобы опредѣлить, какъ велики будутъ эти составляющія, намъ снова надо обратиться къ параллелограмму силъ. Положимъ, что шаръ вѣситъ 50 фунтовъ. Тогда, отложивъ по направленію дѣйствія его вѣса длину AB въ 50 линій проводимъ чрезъ точку B линію BC и линію BD параллельно AC ; мы тогда получимъ параллелограммъ, котораго сто-

роны AC и BD определять величины составляющихъ. Положимъ, что длина AC равна 40 фунтамъ, а сила, которая побуждаетъ тѣло скатываться съ доски—30 фунтовъ. Если мы затѣмъ къ верхнему концу доски прикрѣпимъ блокъ и перекинемъ черезъ него шнуръ, соединивъ одинъ конецъ послѣдняго съ шаромъ, къ другому же его концу привѣсимъ грузъ въ 30 фунтовъ, который и удержитъ шаръ въ равновѣсїи. Черезъ такое разложение силы движеніе тѣла совершенно опредѣлится. Если бы шаръ падалъ свободно, его движущей силой былъ бы только его собственный вѣсъ въ 50 фунтовъ и тогда шаръ принялъ бы равноускоренное движеніе, ускореніе котораго равнялось бы 32 футамъ. Теперь же ему сообщаетъ движеніе сила въ 30 фунтовъ, а потому его ускореніе при скатыванїи будетъ не 32, а только $\frac{30}{50}$ этого числа, что составитъ $\frac{19^2}{10}$ фута. Кромѣ того, при свободномъ паденїи шаръ въ первую секунду пробѣжалъ путь въ 16 ф. (т. е. половину ускоренїа), теперь же по длинѣ доски онъ пройдетъ разстоянїе, равное половинѣ $\frac{19^2}{10}$, т. е. $\frac{9^6}{10}$ фута.

Мы уже знаемъ, что работа силы опредѣляется величиною силы, умноженною на пройденное ею пространство. Работа равнодѣйствующей всегда равна суммѣ работъ ея составляющихъ.

Пояснимъ это примѣромъ.

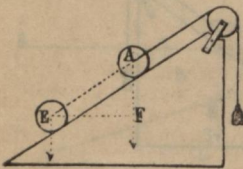


Рис. 51.

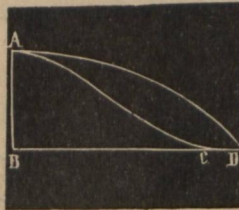


Рис. 52.



Рис. 53.

Положимъ, вѣсъ нашего шара равенъ 50 фунтамъ и доска имѣетъ тотъ же наклонъ, какъ и въ предыдущемъ примѣрѣ, такъ что одна составляющая равна 30 фунт., а другая—40 фунт. Если мы къ шару прикрѣпимъ шнуръ и перекинемъ его черезъ блокъ, то чтобы уравновѣсить вѣсъ шара, къ другому концу шнурѣ надо привѣсить грузъ въ 30 фунт. Затѣмъ, когда шаръ уравновѣшенъ, сообщимъ ему движеніе внизъ; это движеніе будетъ продолжаться равномерно и работа силы будетъ состоять только въ подъемѣ груза въ 30 фунтовъ на высоту 5 футовъ, т. е. будетъ = 150 футофунтамъ = $3\frac{3}{4}$ пудофунтамъ. При этомъ шаръ въ 50 фунтовъ опустится на разстоянїе AF, которое по чертежу (рис. 51) равно 3 фут.

Слѣдовательно работа, которую можетъ произвести равнодѣйствующая сила, равна $1\frac{1}{4} \times 3 = 3\frac{1}{2}$ пудофунтамъ, т. е. предыдущей работѣ. Вторая составляющая направлена перпендикулярно къ AE; она не производитъ никакого движенїа по своему направленїю, а слѣдовательно не даетъ никакой работы.

Итакъ, мы видимъ, что въ данномъ случаѣ работа равнодѣйствующей равна суммѣ работъ составляющихъ силъ.

Положимъ, что на рѣку спущена лодка, гонимая вѣтромъ и теченїемъ воды; положимъ при этомъ, что сила вѣтра и сила теченїа воды равны 120 пудамъ, а уголъ, подъ которымъ пересекаются направленїа этихъ силъ 120° . При такомъ отношенїи мы найдемъ (по чертежу), что равнодѣйствующая обѣихъ этихъ силъ равна также 120 пудамъ. Если путь АВ (рис. 52), пробѣгаемый лодкой въ известное время равенъ 10

футамъ, то работа равнодѣйствующей будетъ: $120 \times 10 = 12000$ пудофутамъ. Путь, пробѣгаемый по направленію вѣтра $AC = 5$ футамъ; следовательно, работа вѣтра $120 \times 5 = 600$ пудофутамъ. Работа силы теченія равна $120 \times AD = 120 \times 5 = 600$ пудофутамъ. Обѣ работы взятыя вмѣстѣ $= 1200$ пудофутамъ, т. е. работъ равнодѣйствующей силы.

При равномѣрно ускоренномъ движеніи работа силы состоитъ въ преодоленіи сопротивленій и сообщеніи скорости; если же сопротивленія нѣтъ, то только въ сообщеніи скорости. И въ этомъ случаѣ работа равнодѣйствующей равна суммѣ работъ составляющихъ силъ. Изъ этого слѣдуетъ, что когда тѣло по наклонной плоскости пройдетъ разстояніе AE (рис. 50), то отъ дѣйствія составляющей силы оное въ точкѣ E приобрететъ скорость равную той, которую оно приобрѣло бы падая съ высоты AF . Вообще по какому бы пути ни спускалось тѣло съ известной высоты до нѣкотораго опредѣленнаго горизонта, всегда достигая его оно будетъ имѣть одну и ту же скорость.

Примѣромъ этому можетъ служить истеченіе воды изъ сосуда; отдѣльныя частицы воды, спускаясь съ поверхности BC до выпускнаго отверстія, описываютъ различныя пути, но всѣ вытекаютъ со скоростью равной той, которую приобрететъ тѣло при паденіи съ высоты CA (рис. 53).

Если эта скорость равна 12 футамъ, то вода для полученія ея должна падать съ высоты $\frac{12 \times 12}{64} = 2\frac{1}{2}$ футовъ. При отверстіи равномъ $\frac{1}{10}$ кв. фут. будетъ выходить изъ сосуда струя воды въ 12 фут. длины и въ $\frac{1}{10}$ кв. фут. въ поперечномъ сѣченіи, что составляетъ $\frac{1}{10} \times 12 = 1\frac{2}{10}$ кубич. фута. Что струя эта не направляется по прямой линіи, это всякому известно. Замѣтимъ, однако, что количество воды, вытекающей изъ сосуда, какъ показываетъ опытъ, всегда бываетъ менѣе $1\frac{2}{10}$ куб. фут., ибо при отверстіи въ $\frac{1}{10}$ кв. фута, струя воды имѣетъ поперечное сѣченіе нѣсколько менѣе этой величины.

Центробѣжная сила.

Если камень привязать на конецъ шнура и быстро вращать, то при надлежащей скорости вращенія камня, шнуръ натянется; явленіе это объясняется очень легко. Когда камень (рис. 54) передвигается изъ A въ C , то онъ въ дѣйствіе инерціи стремится двигаться по прямой линіи къ B и пойдетъ по этому направленію, если шнуръ внезапно разрѣзать. Шнуръ же не допускаетъ этого движенія и тянетъ въ C . Следовательно, стремленіе камня двигаться по своему направленію есть причина натяженія шнура; силу же, производящую это натяженіе, называютъ центробѣжною силою. Эта сила возникаетъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда тѣла при своемъ движеніи описываютъ кривыя линіи.

Земля, какъ известно, вращается вокругъ своей оси; положимъ, что AC (рис. 55) представляетъ часть экватора земли, тогда, если тѣло, чѣмъ либо удерживаемое въ A , отдѣляется вдругъ свободнымъ, оно начнетъ двигаться по направленію къ B . Наблюдатель, находящійся въ точкѣ A , будетъ въ то же время перемѣщаться къ точкѣ C , а потому тѣло будетъ находиться постоянно надъ нимъ и ему покажется, что оно по вертикальной линіи изъ точки C выходитъ въ B , т. е., что на него какъ бы дѣйствуетъ сила, отдаляющая его отъ центра земли — центробѣжная сила; между тѣмъ какъ наблюдатель, воображаемый внѣ земли, будетъ видѣть какъ тѣло въ дѣйствіе инерціи движется по прямой линіи BA , а первый наблюдатель перемѣщается по пути AC .

Отсюда понятно, что центробѣжная сила всѣхъ тѣлъ, находящихся на земной поверхности влечетъ за собою ослабленіе притяженія земли.

Это ослабленіе весьма пезначительно и на экваторѣ, гдѣ оно наиболѣе сильно, оно равно $\frac{1}{200}$ вѣса; у полюсовъ, очевидно, центробѣжная сила не существуетъ. Если бы земля начала обращаться сильнѣе, то когда ее скорость увеличилась бы въ 17 разъ, то день сдѣлался бы равнымъ $\frac{24}{17} = 1\frac{7}{17}$ настоящаго часа и центробѣжная сила на экваторѣ сдѣлалась бы равной силѣ тяжести: тѣла тамъ уже не стали бы падать, а взлетать. Въ нашихъ широтахъ можно было бы еще держаться на землѣ, но прыжокъ, наиримѣръ, чрезъ широкую рѣку было бы дѣломъ вовсе не труднымъ. При этомъ все падающія тѣла значительно отклонились бы къ юго-востоку, что въ настоящее время почти совсѣмъ незамѣтно.

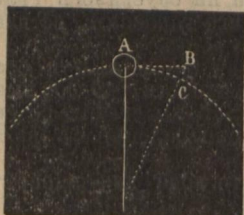


Рис. 55.

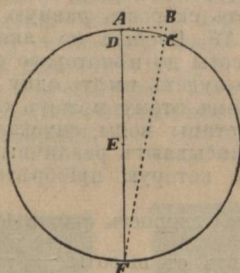


Рис. 55.

Что касается величины центробѣжной силы и способа ее опредѣленія, то мы попытаемся объяснить это примѣромъ.

Положимъ, что шаръ, вѣсомъ въ 1 фунтъ, привязанъ къ шнуру длиною въ 5 фут. и вращается такъ быстро, что въ 1 секунду пробѣгаетъ 2 фута.

Если AC (рис. 55) изображаетъ путь, пробѣгаемый шаромъ въ одну секунду = 2 фут., то путь, который пробѣжалъ бы шаръ безъ шнура, выразится линіею AB и дѣйствіе, оказываемое на шаръ шнуромъ, должно быть столь велико, чтобы шаръ въ 1 секунду перемѣстился на разстояніе AD по направленію шнура, такъ чтобы AC было движеніемъ составнымъ изъ движеній AB и AD.

На сколько велика должна быть при этомъ сила, задерживающая шнуръ за одинъ его конецъ, на столько же велика будетъ и центробѣжная сила и на столько же сильно она будетъ тащить шаръ отъ центра, или иначе, натягивать шнуръ. Слѣдовательно, центробѣжная сила равняется той силѣ, которая можетъ перемѣстить въ 1 секунду шаръ на разстояніе AD.

По извѣстной геометрической теоремѣ имѣемъ: $AD : AC = AC : AF$. Если вмѣсто хорды AC въ эту пропорцію подставимъ дугу AC, то получимъ

$$\frac{AC \times AC}{AF} = \frac{2 \times 2}{10} = 0,4 \text{ фута.}$$

Такъ какъ тѣло въ 1 секунду отъ собственнаго вѣса проходитъ 16 футовъ; отъ центробѣжной же силы въ нашемъ примѣрѣ оно проходитъ только 0,4 фута, слѣдовательно, центробѣжная сила равна $\frac{0,4}{16} = \frac{1}{40}$ силы тяжести, а такъ какъ вѣсъ взятаго нами для примѣра тѣла равенъ 1 фунту, то оно будетъ равно $\frac{1}{40}$ фунта. Слѣдовательно, при подобномъ вращательномъ движеніи центробѣжная сила натягиваетъ шнуръ такъ же, какъ и грузъ въ $\frac{1}{40}$ фунта.

Величина эта очень незначительна. Возьмемъ скорость въ 4 фута и тогда центробѣжная сила увеличится сравнительно съ первой величиной въ 4 раза, т. е. будетъ $\frac{1}{10}$ фунта; центробѣжная же сила увеличится въ 9 разъ, когда скорость сдѣлается въ три раза болѣе и т. д. Очевидно, что при увеличеніи скорости, возрастаніе центробѣжной силы идетъ весьма быстро. Если въ нашемъ примѣрѣ мы положимъ, что скорость вмѣсто 2 фут. будетъ 20 фут., т. е. увеличится въ 10 разъ, то центробѣжная сила будетъ уже въ 100 разъ болѣе первоначальной, т. е. будетъ $=2\frac{1}{2}$ фунтамъ, такъ что шнуръ, если онъ кромѣ привязаннаго къ нему груза не можетъ выдержать еще $2\frac{1}{2}$ фунта, то при такомъ быстромъ вращеніи онъ оборвется.

Кривизна пути имѣетъ также вліяніе на эту силу. Чѣмъ больше кривизна, слѣдовательно, чѣмъ меньше радіусъ кривизны, тѣмъ больше его центробѣжная сила. Если АЕ будетъ на половину менѣ взятой нами выше, то центробѣжная сила, какъ показываетъ вычисленіе, сдѣлается вдвое болѣе, сравнительно съ найденною прежде. Для того, чтобы показать, какъ значительно можетъ развиться центробѣжная сила, приведемъ еще примѣръ.

Положимъ, что локомотивъ наполненный водою, вѣситъ 1000 пудовъ, и положимъ, что такой локомотивъ со скоростью 40 футъ идетъ по изгибу дороги, радіусъ кривизны которой $=100$ футамъ. Вычисляя, какъ показано выше, мы найдемъ, что центробѣжная сила будетъ $=500$ пудамъ. Эта сила совершенно достаточна для того, чтобы сбросить локомотивъ съ рельсовъ, а потому столь крутыхъ поворотовъ и не дѣлають на желѣзныхъ дорогахъ; на изгибахъ скорость поѣзда значительно уменьшаютъ и рельсы съ вогнутой стороны кладуть выше внутреннихъ, чтобы тѣмъ увеличить сопротивленіе центробѣжной силѣ.

Движеніе твердыхъ тѣлъ и ударъ.

Мы рассматривали до сихъ поръ движеніе тѣлъ, не обращая вниманіе на ихъ форму, принимая, что всѣ точки тѣла движутся одинаково, такъ что намъ достаточно было опредѣлить движеніе только одной точки. Теперь же перейдемъ къ изслѣдованію движенія тѣлъ, принимая въ соображеніе движеніе ихъ отдѣльныхъ частицъ.

Прежде всего обратимъ вниманіе на центръ тяжести. Такъ наз. точку тяжелаго тѣла, подвѣсивъ за которую тѣло будетъ въ состояніи покоя при всѣхъ его положеніяхъ. Если привѣсить тѣло къ нити, то оно до тѣхъ поръ будетъ вращаться, пока его тяжести не распредѣлится поровну по обѣимъ сторонамъ нитки. При этомъ, когда вращеніе прекратится, центръ тяжести тѣла будетъ находиться на продолженіи нити. Если же тѣло привѣсить за какуюнибудь другую его точку, то оно снова приметъ такое же положеніе, при которомъ его центръ тяжести снова перемѣстится на продолженіе нитки. Если прежнее направленіе нитки обозначить на тѣлѣ, то точка пересѣченія его съ послѣднимъ направлеиъ и будетъ центръ тяжести тѣла. Если, затѣмъ тѣло еще разъ привѣсить за какуюнибудь третью точку, то оно будетъ до тѣхъ поръ вращаться, пока центръ тяжести его не перемѣстится на продолженіе нитки или прямо подъ точкою привѣса.

Такъ какъ самая малѣйшая частица тяжелаго тѣла имѣетъ нѣкоторый вѣсъ, то слѣдовательно сама по себѣ она особою силою, своимъ вѣсомъ, притягивается къ землѣ.

Сумма вѣса всѣхъ частицъ тѣла, т. е. ихъ равнодѣйствующая составляетъ вѣсъ всего тѣла. За точку приложенія этой равнодѣйствующей надо принять центръ тяжести.

Если на каждую частицу тѣла такимъ же образомъ, какъ и сила тяжести, будетъ дѣйствовать другая сила и всѣ эти силы будутъ распре-

дѣлены по всему тѣлу, подобно силамъ тяжести, то равнодѣйствующая и этихъ силъ должна пройти также черезъ центръ тяжести.

Силы тяжести, заставляющія частицы тѣла падать къ землѣ, направлены всѣ вертикально внизъ, слѣдовательно параллельно между собою. Далѣе, для равныхъ частицъ массы тѣла силы эти равны, т.-е. равныя по массѣ частицы тѣла предполагаются равнаго вѣса.

Итакъ, если какія нибудь другія силы будутъ равномерно распредѣлены между частицами тѣла, т.-е. если на равныя частицы массы тѣла будутъ дѣйствовать равныя силы и направленія этихъ силъ будутъ параллельны, то равнодѣйствующая ихъ будетъ равна ихъ суммѣ, а центръ тяжести тѣла будетъ точкою ея приложения.

Изъ этого видно, что можетъ встрѣтиться необходимость разсматривать центръ тяжести и въ такихъ случаяхъ, гдѣ о тяжести тѣла говорить не будетъ. Поэтому, центръ тяжести иногда наз. центромъ параллельныхъ силъ.

Послѣ этихъ объясненій станетъ понятнымъ слѣдующій законъ: если на тѣло дѣйствуютъ силы, то центръ его тяжести движется такъ, какъ будто бы эти силы проходятъ черезъ него параллельно ихъ направленіямъ и тѣло вращается около своего центра тяжести точно такъ же, какъ если бы этотъ центръ былъ неподвиженъ и на тѣло дѣйствовали тѣ же самыя силы.

Положимъ, что шару будетъ сообщенъ ударъ, вслѣдствіе котораго точка В (рис. 56) придетъ въ движеніе по направленію ВС, то центръ тяжести будетъ двигаться такъ, какъ если бы направленіе удара сливалось съ линіею АД параллельною ВС и проходящею черезъ центръ тяжести. вмѣстѣ съ этимъ шаръ будетъ вращаться около своего центра тяжести, какъ вращался бы онъ отъ той же силы, въ случаѣ, когда центръ тяжести есг неподвижная точка. Если напр. ударъ, направленный чрезъ центръ шара, подвинемъ отъ А къ Д, а приложенный въ В къ шару, котораго центръ неподвиженъ въ А, заставитъ точку В перейти въ Е, то положеніе шара, по прошествіи 1 секунды изобразится окружностью описанною около точки Д, и новое положеніе точки В опредѣляется радиусомъ ДВ параллельнымъ АЕ.

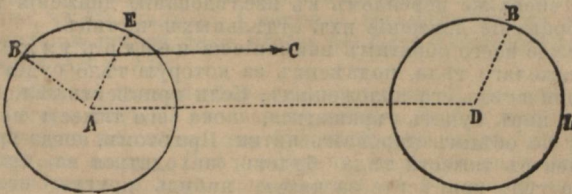


Рис. 56.

Положимъ, что совершенно правильный шаръ, т.-е. такой, центръ тяжести котораго совпадаетъ съ его центромъ, будетъ приведенъ въ движеніе ударомъ, равномерно передавшимся половинѣ шара; равнодѣйствующая такого удара будетъ проходить чрезъ самый центръ тяжести и произведетъ только одно поступательное движеніе, вращательнаго же не произведетъ. Центръ тяжести при этомъ опишетъ параболу и каждый поперечный разрѣзъ шара будетъ параллеленъ своему первоначальному положенію. Воздухъ будетъ сопротивляться этому движенію; это сопротивление будетъ равномерно дѣйствовать на другую половину шара и равнодѣйствующая его сила вслѣдствіе того пройдетъ также чрезъ центръ шара, т.-е. центръ его тяжести. Сопротивленіе воздуха поэтому не будетъ вращать шара, не будетъ измѣнять поступа-

тельное движеніе его центра тяжести. Путь, описываемый послѣднимъ,
уже

Попробуем опредѣлить, какъ происходитъ эта передача и для простоты предположимъ, что ударяющіяся тѣла движутся по прямой линіи.

Положимъ, что тѣло, вѣсомъ въ 8 фунтовъ, двигаясь со скоростью 10 футъ, сталкивается съ другимъ тѣломъ, вѣсомъ въ 2 фунта и имѣющимъ скорость въ 5 футъ; то первое тѣло начинаетъ толкать второе, слѣдовательно увеличивать его скорость между тѣмъ какъ второе задерживаетъ первое, отталкивая его назадъ уменьшаетъ скорость его.

Это продолжается до тѣхъ поръ, пока скорости обоихъ тѣлъ не сдѣлаются равными, причемъ тѣла перестанутъ дѣйствовать другъ на друга. Давленіе, производимое первымъ тѣломъ впередъ, равно силѣ его задерживающей и происходящей отъ давленія, оказываемаго на него вторымъ тѣломъ, т. е. дѣйствіе и противодѣйствіе равны; при томъ оба они продолжаются одинаковое время. Слѣдовательно, чтобы судить о послѣдствіяхъ удара, нужно сперва изслѣдовать, какія дѣйствія производятъ въ одно и то же время двѣ равныя силы на различныя массы.

Мы уже сказали выше, что силы въ извѣстное время сообщаютъ тѣлу нѣкоторую скорость, которая при одной и той же массѣ возрастаетъ въ одинаковой степени съ силой, а при одной и той же силѣ уменьшается въ томъ же отношеніи, въ какомъ увеличиваются массы, на которыя она дѣйствуетъ.

Если напр. при извѣстной силѣ скорость, приобретаемая массою въ 1 фунтъ, равна 20 футамъ, то скорость, получаемая отъ дѣйствія той же силы массою въ 2 фунта, будетъ уже только 10 футовъ. Скорость массы въ 4 фунта при той же силѣ, дѣйствующей въ теченіи того же времени равна $\frac{20}{4} = 5$ фут. и т. д. Такимъ образомъ, мы приходимъ къ выводу, что произведенія изъ массъ тѣлъ на скорости равны между собою.

Эти произведенія наз. въ механикѣ количества движенія, а потому можно сказать, что равныя силы въ одинаковое время сообщаютъ тѣламъ равныя количества движенія.

Если тѣло въ 4 фунта вѣсомъ имѣло первоначальную скорость въ 3 фута и отъ дѣйствія какой нибудь силы получила скорость въ 5 футовъ, то количество этого движенія будетъ въ началѣ $4 \times 3 = 12$, а затѣмъ $4 \times 2 = 8$, т. е. сдѣлалось равнымъ $12 + 8 = 20$.

Когда одна изъ силъ, какъ это бываетъ при ударѣ, дѣйствуетъ противоположно движенію, то она замедляетъ движеніе тѣла, отнимая у него въ извѣстное время такое же количество движенія, какое въ то же время сообщаетъ другому тѣлу.

Въ приведенномъ примѣрѣ мы приняли, что тѣло вѣсомъ въ 8 фунтовъ, имѣющее скорость въ 10 футовъ, ударяется о другое тѣло, которое вѣситъ 2 фунта и движется по тому же направленію со скоростью 5 футовъ.

Нетрудно понять, что отъ удара скорость перваго тѣла уменьшается на 1 футъ и слѣдовательно сдѣлается равной 9 футамъ, а скорость второго тѣла въ 5 футъ увеличится еще на 4 фута. Въ дѣйствительности количество движенія потерянное 8 фунтовымъ тѣломъ будетъ $2 \times 4 = 8$. Слѣдовательно, оба количества движенія равны.

Если второе тѣло двигается на встрѣчу первому, то первое тѣло сначала остановитъ движеніе второго, а затѣмъ сообщитъ ему нѣкоторую скорость, равную оставшейся въ немъ самой. Если мы удержимъ принятыя нами массы и начальныя скорости, то найдемъ, что окончательная скорость, съ которой послѣ удара оба тѣла будутъ продолжать свое движеніе по направленію движенія перваго тѣла (имѣющаго да удара большее количество движенія) будетъ равна 7 футамъ, такъ какъ

при этомъ количество движенія, потерянное первымъ тѣломъ, равно количеству движенія, выигранному вторымъ. Именно: скорость тѣла, вѣсомъ въ 8 фунтовъ уменьшится на 3 фунта. Следовательно, количество движенія при этомъ, потерянное имъ, будетъ $8 \times 3 = 24$. Черезъ это второе количество, движеніе котораго $2 \times 5 = 10$, остановится, т. е. у него отнимется количество движенія = 10; за сѣмъ сообщится ему скорость въ 7 футовъ или количество движенія $2 \times 7 = 14$. Сумма этихъ чиселъ $10 + 14 = 24$, какъ видно, равно количеству движенія, потерянному первымъ тѣломъ.

Вообще, для того, чтобы найти скорость, которую имѣютъ оба тѣла послѣ удара, нужно, если тѣла движутся по одному направленію, сложить первоначальныя ихъ количества и полученную сумму раздѣлить на сумму массъ; если же тѣла двигаются передъ ударомъ по противоположнымъ направленіямъ, то меньшее количество движенія надо вычесть изъ большаго и полученную разность раздѣлить на сумму обѣихъ массъ.

Примѣняя это правило къ предыдущимъ примѣрамъ, мы получимъ:

$$\text{для перваго случая скорость } \frac{8 \times 10 + 2 \times 5}{8 + 2} = \frac{80 + 10}{10} = \frac{90}{10} = 9 \text{ фут.}$$

$$\text{для втораго случая } \frac{8 \times 10 - 2 \times 5}{8 + 2} = \frac{80 - 10}{10} = \frac{70}{10} = 7 \text{ фут.}$$

Если одно изъ тѣлъ находится въ покоѣ, то его скорость равна нулю, а потому при сложеніи и вычитаніи въ вычисленіе не входитъ.

Оба тѣла, ударяясь одно о другое, всегда нѣсколько сжимаются. При этомъ, если оба эти тѣла сдѣланы изъ неупругаго матеріала, напр. изъ глины, то ударъ кончится козь скоро оба тѣла начнутъ двигаться другъ за другомъ съ одинаковою скоростью. Но тѣла обыкновенно имѣютъ нѣкоторую упругость, т. е. имѣютъ свойство отъ давленія измѣнять свою форму и по прекращеніи давленія снова принимать ее.

Въ томъ случаѣ, когда ударяющіяся тѣла упруги, очевидно дѣйствіе удара еще не окончится, когда оба тѣла сжавшись начнутъ двигаться съ одинаковыми скоростями. Каждое изъ нихъ будетъ стремиться принять свою первоначальную форму, причемъ сжатая часть его будетъ стремиться изнутри наружу и тѣмъ отталкивать давящее тѣло, и тогда скорость одного тѣла будетъ увеличиваться, а другого — уменьшаться.

Взаимныя давленія тѣлъ при этомъ будутъ совершенно одинаковы и силы, проявляющіяся при сжатіи тѣлъ, будутъ равны тѣмъ силамъ, которыми они были сжаты.

Вообще, обстоятельства расширенія совершенно одинаковы съ сжатіемъ, а потому при этомъ еще разъ будутъ каждому тѣлу приданы и отняты тѣ же количества движенія, какъ и прежде.

Если оба ударяющіяся упругія тѣла имѣютъ одинаковыя массы, т. е. равныя вѣса, то оба тѣла помѣняются только скоростями. Такъ, напр., если два упругія тѣла будутъ двигаться по одному направленію: одно со скоростью 8 фут., а другое — 2 фут., то первое будетъ до тѣхъ поръ нажимать на второе, пока общая ихъ скорость сдѣлается равной 5 фут. При этомъ скорость перваго уменьшится на 3 фута, а втораго — увеличится на эту же величину; тѣла сожмутся и затѣмъ начнутъ расширяться съ тою же силою, а вслѣдствіе того второе тѣло до тѣхъ поръ будетъ задерживать первое, пока скорость послѣдняго не уменьшится еще на 3 фута, т. е. обратится въ 2 фута. Въ то же время второе тѣло отъ расширенія перваго будетъ до тѣхъ поръ получать новое дав-

леніе, пока скорость его не увеличится еще на 3 фута, т. е. сдѣляется = 8 фут. Слѣдовательно, оба тѣла вслѣдствіе удара только обмѣняются скоростями.

Если до удара одно изъ тѣлъ находилось въ состояніи покоя, то послѣ удара оно будетъ двигаться со скоростью ударившаго тѣла, тогда какъ послѣднее остановится.

Подобныя, но не вполне тождественныя явленія, мы замѣчаемъ во время игры на билиардѣ. Здѣсь разница заключается въ томъ, что шары не только двигаются впередъ, но и катятся, причемъ, во время удара, шары испытываютъ еще и треніе, отъ котораго и происходятъ замѣчаемыя наши отклоненія отъ выведенныхъ законовъ.

Если упругое тѣло ударяетъ другое, лежащее неподвижно, то сначала все его движеніе употребляется на сжатіе его самого и ударяемаго тѣла, причемъ оно теряетъ всю свою скорость. Затѣмъ слѣдуетъ расширение обоихъ тѣлъ, которое оттолкнетъ ударившее тѣло и сообщитъ ему скорость равную той, при которой оно произвело сжатіе, послѣ чего тѣло съ приобретенною вновь тою же скоростью пойдетъ назадъ.

При ударѣ двухъ упругихъ тѣлъ силы, которыя между ними дѣйствуютъ въ періодъ сжатія и расширения равны, и какъ точки ихъ приложенія движутся одинаково и въ стороны прямо противоположныя, то они въ совокупности не произведутъ никакой работы. Слѣдовательно, отъ удара сумма живыхъ силъ обоихъ упругихъ тѣлъ не должна измѣниться, если только во время удара ими не произведена какая либо другая работа.

Совершенно иное бываетъ при ударѣ неупругихъ тѣлъ, которыя послѣ удара удерживаютъ измѣненную форму. Въ этомъ случаѣ часть живыхъ силъ ударяющихся тѣлъ употребляются на измѣненіе формъ, которыя и составляютъ потерянную часть ихъ работы, употребленной предварительно на сообщеніе тѣмъ же массамъ ихъ начальныхъ скоростей. Эта потерянная часть работы и наз. потерянною при ударѣ живою силою.

Если при ударѣ движеніе совершенно прекратится, что бываетъ напр. при ковкѣ металловъ, то вся живая сила пойдетъ на измѣненіе формы ударяющихся тѣлъ. Чѣмъ подвижнѣе наковальня, тѣмъ болѣе передается ей движеніе, тѣмъ большая часть употребляемой дляковки силы тратится напрасно на сжатіе грунта подъ наковальнею.

Движеніе жидкостей и воздуха.

Извѣстно, что частицы жидкостей могутъ уклоняться отъ давленія въ различныя стороны и передавать производимыя на нихъ давленія по различнымъ направленіямъ. Этимъ жидкости существенно отличаются отъ твердыхъ тѣлъ. Когда на твердое тѣло наложить сверху грузъ, то этотъ грузъ будетъ передавать давленіе только внизъ; между тѣмъ, если на воду, налитую въ сосудъ и сверху плотно закрытую подвижною оболочкою, напр. натянутою кожею, наложить грузъ, то давленіе этого груза передается не только внизъ, но и въ стороны. Если при этомъ въ сосудъ со стороны имѣются отверстія, закрытыя напр. поршнями, поднимаемыми извѣстною силою, то для удержанія этихъ поршней нужно будетъ увеличить силу, ихъ удерживающую, соразмѣрно съ площадью отверстія и величиною наложеннаго груза.

Опытъ показалъ, что если на поверхность жидкости, равную 1 кв. футу, давить грузъ въ 100 фунг., то на каждое отверстіе такой же величины, чтобы не допустить вытеканіе воды, надо произвести давленіе

въ 100 фунтовъ. Когда нѣсколько такихъ отверстій расположены одно возлѣ другого, то каждому изъ нихъ соотвѣтствуетъ то же давленіе въ 100 фунт., а слѣдовательно отверстию въ 2 кв. фута соотвѣтствуетъ давленіе въ 200 фунтовъ; отверстию въ 3 кв. фут.—давленіе въ 300 фунт. и т. д.

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ сосудъ не имѣетъ отверстія, стѣнки его подвергаются такому же давленію, такъ что если давленіе на 1 кв. футъ поверхности жидкости=100 фунт., то на каждый кв. футъ стѣнокъ сосуда будетъ такое же давленіе. Напр., если поверхность имѣетъ 10 кв. футъ, то давленіе будетъ=1000 фунтамъ.

Законы передачи давленія жидкостями имѣютъ весьма важное при-
мѣненіе въ гидравлическомъ прессѣ, о которомъ будетъ сказано
далѣе.

Къ давленію, производимому извнѣ на поверхность жидкости присоеди-
няется еще и собственный вѣсъ послѣдней. Если цилиндрической сосудъ
имѣетъ горизонтальное дно въ 1 кв. футъ и наполненъ водою до вы-
соты 100 футовъ, то онъ заключаетъ въ себѣ 10 куб. футовъ воды, ко-
торыя, очевидно, поддерживаются дномъ и оказываютъ на него давле-
ніе, равное $10 \times 1,7286$ пуд. = 17,286 пуд., ибо вѣсъ одного кубиче-
скаго фута воды равняется 1,7286 пуд.

Отъ этого же давленія вода вмѣстѣ съ тѣмъ на днѣ сосуда бу-
детъ стремиться отклоняться въ сторону, а потому, если одна изъ сто-
ронъ цилиндрическаго сосуда будетъ имѣть насадку, то и въ сей по-
слѣдней, какова-бы ни была ея форма, на горизонтѣ дна на каждый
квадратный футъ давленіе будетъ также въ 17,286 пуда. Изъ этого
слѣдуетъ, что если дно сосуда будетъ въ 2 или 3 кв. фута, то и давле-
ніе на это дно будетъ вдвое или втрое болѣе 17,286 пуда, даже и
тогда, когда верхнее сѣченіе сосуда будетъ только въ 1 кв. футъ, и
даже менѣе, слѣдовательно, когда вѣсъ жидкости ни въ какомъ слу-
чаѣ не будетъ равенъ удвоенному или утроенному числу, 17,286
пудовъ.

Такимъ образомъ въ сосудѣ, наполненномъ водою, давленіе на ка-
кую угодно горизонтальную площадь опредѣляется чрезъ вычисленіе
вѣса столба воды, котораго основаніе равно этой площади, а высота—
той глубинѣ, на которой эта поверхность находится подъ жидкостью.
Если бы площадь была наклонна, то давленіе на нее было бы равно
вѣсу столба воды, имѣющаго основаніемъ эту площадь и высоту рав-
ную глубинѣ, на которой лежитъ центръ ея тяжести подъ горизонтомъ
воды. Давленіе на стѣнки сосуда также взаимно уничтожаютъ другъ
друга, а давленіе сосуда внизъ остается равнымъ вѣсу въ немъ за-
ключающейся жидкости. Весьма понятно, что поэтому присоединяется
также и вѣсъ самаго сосуда.

Изъ только что приведеннаго закона можно вывести нѣкоторыя
весьма важныя слѣдствія.

Такъ, если два сосуда произвольныхъ формъ наполнены водою и
соединены между собою такъ, что вода можетъ свободно переходить
изъ одного сосуда въ другой (сообщающіеся сосуды), то давленіе на
1 кв. футъ поперечнаго сѣченія канала съ правой стороны будетъ равно
вѣсу столба жидкости, площадь основанія котораго равна 1 кв. футу,
а высота=высотѣ стоянія воды съ правой стороны надъ взятымъ
нами для разсмотрѣнія кв. футомъ.

Такъ же точно и давленіе на тотъ же кв. футъ съ лѣвой стороны
будетъ равно вѣсу столба жидкости съ площадью основанія въ 1 кв.
футъ и высотой, равною высотѣ горизонта воды надъ тѣмъ же футомъ
съ лѣвой стороны сѣченія.

Когда высота воды въ обоихъ сосудахъ будетъ не одинакова, то и
давленія на поперечное сѣченіе канала справа и слева не будутъ

равны, а потому сѣченіе это будетъ передвигаться вправо или влѣво, смотря потому, съ которой изъ этихъ сторонъ—съ лѣвой или съ правой—давленіе будетъ больше, т.-е. вода будетъ течь по соединяющему каналу въ ту или въ другую сторону. Слѣдовательно, если вода не должна передвигаться изъ одного сосуда въ другой, она должна въ обоихъ сосудахъ стоять на одной и той же высотѣ, т.-е. въ обоихъ соединенныхъ между собою сосудахъ поверхности воды должны лежать въ одной горизонтальной плоскости; если же это условіе не будетъ выполнено, вода будетъ до тѣхъ поръ перетекать изъ одного сосуда въ другой, пока уровни ея въ сосудахъ не будутъ находиться на одной и той же высотѣ, что легко выясняется опытнымъ путемъ.

Если погрузимъ цилиндръ, имѣющій 1 кв. футъ въ поперечномъ сѣченіи и высоту равную 2 футамъ, въ воду такъ, что его ось будетъ вертикальна и вода надъ его верхнимъ основаніемъ будетъ еще вышаться на 5 футовъ, а слѣдовательно надъ нижнимъ, на 7 футовъ, то верхнее основаніе будетъ надавливаемо вертикально внизъ, нижнее же поднимаемо вертикально вверхъ, и такъ какъ послѣднее давленіе равняется вѣсу столба воды въ 7 куб. фут. давленіе же сверху внизъ только 5 куб. фут., то остается неуравновѣшеннымъ давленіе водяного столба въ 2 куб. фут. снизу вверхъ.

Это давленіе равно вѣсу воды, вытѣсненной тѣломъ. Такимъ образомъ, давленіе, которымъ вода стремится поднять кверху погруженное въ нее тѣло равно вѣсу объема воды, вытѣсненнаго тѣломъ.

Положимъ, что вѣсъ цилиндра равенъ 5 пуд.; погруженный въ воду, онъ будетъ вѣсить только 1,5428 пуда, ибо при этомъ онъ вытѣснитъ 2 куб. фута воды, вѣсъ которыхъ $= 2 \times 1,7286 = 3,4572$ пуд.; слѣдовательно будетъ подвергаться давленію снизу вверхъ $= 3,4572$ пуд.; такъ какъ $3,4582 + 1,5428 = 5$ пуд.

Изъ этого видно, что если бы вѣсъ цилиндра былъ $= 4,4572$ пуд., то цилиндръ плавалъ бы въ водѣ не погружаясь и не поднимаясь.

При еще меньшемъ вѣсѣ, напр. 1,7286 пуд., давленіе воды превзойдетъ вѣсъ, заставляющій тѣло опускаться, а потому, чтобы цилиндръ не поднимался изъ воды пришлось бы его нажать внизъ помощью груза, иначе онъ будетъ плавать на поверхности воды: Такимъ образомъ, чѣмъ больше цилиндръ выставляется изъ воды, тѣмъ меньшее количество воды имъ вытѣсняется и тѣмъ, слѣдовательно, меньше производится давленіе на него снизу вверхъ.

Если взятый нами цилиндръ до половины своей высоты всплыветъ гадъ водой, то только 1 куб. фут. его будетъ находиться въ водѣ, т.-е. онъ вытѣснитъ только 1 куб. фут. ея, слѣдовательно давленіе на него производимое водою будетъ равно вѣсу одного ея куб. фут., т.-е. 1,7286 пуд. Но столько же вмѣстѣ и самый цилиндръ. Слѣдовательно, между вѣсомъ, дѣйствующимъ по вертикальному направленію внизъ и давленіемъ воды вертикально вверхъ установится равновѣсіе. Очевидно, что цилиндръ въ этомъ положеніи будетъ плавать.

Плавающее тѣло до тѣхъ поръ погружается въ жидкость, пока не вытѣснитъ объемъ воды равный по вѣсу объему этого тѣла.

Законъ этотъ имѣетъ практическое примѣненіе при устройствѣ судовыхъ шкалъ.

Въ килевой подводной части устраиваютъ шкалу и на ней назначаютъ черты, до которыхъ судно погружается при извѣстныхъ нагрузкахъ, такъ что по степени погруженія судна въ воду можно было бы по шкалѣ судить о величинѣ груза судна.

На томъ же законѣ основано устройство различныхъ ареометровъ для пробы винъ, крѣпости соляныхъ растворовъ и проч., т. е. опредѣленіе удѣльнаго вѣса растворовъ.

Мы уже говорили, какъ опредѣляется количество воды, вытекающее чрезъ отверстіе при извѣстномъ напорѣ; здѣсь же мы рассмотримъ давленіе текущей воды. При свободномъ паденіи воды боковыя давленія совершенно уничтожаются, какъ это видно изъ того, что струя воды имѣетъ сомкнутую поверхность. Дѣйствіе паденія проявляется только въ приобрѣтеніи скорости; то же произойдетъ и при горизонтальномъ направленіи струи, а также при всякомъ направленіи жидкости часть давленія, перпендикулярная къ направленію движенія, уничтожается, между тѣмъ какъ по направленію теченія потокъ производитъ давленіе, зависящее отъ высоты паденія, соответствующей его скорости. Если напр. вода течетъ со скоростью, равною 12 фут., то высота, соответствующая этой скорости, равна $\frac{12 \times 12}{64} = 2\frac{1}{4}$ фут. Если мы про-

тивоопоставимъ потоку трубку, въ которой вода могла бы подниматься, то замѣтимъ, что высота подъема въ этой трубкѣ надъ уровнемъ потока равна $2\frac{1}{4}$ футамъ. Если же ту же трубку поставить такъ, что вода не будетъ встрѣчать отверстія, а пройдетъ мимо, то очевидно, что никакого давленія на воду, находящуюся въ трубкѣ, не произойдетъ и она будетъ стоять на одной высотѣ съ поверхностью воды въ потокѣ.

Возьмемъ другой примѣръ. Положимъ, что въ рѣку опущенъ тесаный камень, и что скорость теченія = 12 футамъ, тогда давленіе на верхнюю поверхность камня, по которой вода безпрепятственно протекаетъ, будетъ равно давленію, соответствующему высотѣ стоянія надъ нею воды, а давленіе на переднюю поверхность, противъ которой течетъ вода, будетъ равно этому давленію, увеличенному еще давленіемъ водяного столба въ $2\frac{1}{4}$ фут. высоты. Этотъ избытокъ стремится двигать камень по своему направленію.

Величина его для каждаго кв. фута = $2\frac{1}{4} \times 1,728 = 3,89$ пуд., что уже весьма значительно. При скорости вдвое большей давленіе увеличится въ 4 раза, въ три раза большей — въ 9 разъ и т. д.; т. е. при первой будетъ = 15,57 пуд., при второй — 35,03 пуд.

Этимъ обстоятельствомъ объясняется, почему быстрые потоки часто отрываютъ камни довольно значительной величины, а также становится понятнымъ, почему въ водяныхъ, сооруженіяхъ, подверженныхъ дѣйствію сильныхъ потоковъ, всегда избѣгаютъ выдающихся частей.

На сколько разрушающая сила воды можетъ быть значительна служить слѣдующій примѣръ: положимъ, что имѣемъ камень, обтесанный въ видѣ куба, ребро котораго = 1 футу, и положимъ что вода можетъ свободно его обтекать какъ снизу, такъ и сверху; вѣсъ такого камня около 150 фунтовъ.

Вода, обтекая его, будетъ давить на него какъ сверху, такъ и снизу и оба эти давленія приведутъ къ одному дѣйствующему на камень вверхъ = 1,7286 пуд. = 69 фунтамъ.

Такимъ образомъ, при скорости движенія воды въ 12 фут. камень имѣя вѣсъ 150 фунтовъ, уменьшенный давленіемъ воды въ 69 фунтовъ, т. е. $150 - 69 = 81$ фунту, будетъ передвигаться по горизонтальному направленію силою въ 3,89 пуд.; онъ будетъ непремѣнно катиться; но если бы вода не касалась его нижней поверхности, то собственно его вѣса и давленія воды сверху было бы достаточно, чтобы камень остался неподвижнымъ.

Положимъ, что взятый нами камень имѣетъ по вѣсму направленіямъ 2 фута, слѣдовательно грани его будутъ по 4 кв. фута, объемъ 8 куб. футовъ и вѣсъ 8×150 ф. = 1200 ф. = 30 пуд. Если этотъ камень будетъ имѣть такое же положеніе въ водѣ, какъ и камень въ предыдущемъ примѣрѣ, такъ что вода будетъ протекать надъ нимъ и подъ нимъ, то давленіе ея по направленію вверхъ теперь будетъ $8 \times$

1,73 пуд. = 13,84 пуд., а сила, побуждающая тѣло къ паденію = $30 - 13,84 = 16,16$ пуд. Давленіе же на переднюю грань или, лучше, избытокъ этого давленія сравнительно съ давленіемъ на заднюю, будетъ $4 \times 3,79$ пуд. = 15,56 пуд. При такихъ условіяхъ камень останется неподвижнымъ. Изъ сравненія послѣдняго результата съ первымъ выходитъ, что для каждой скорости воды существуетъ опредѣленная величина камня, далѣе которой онъ не можетъ быть передвигаемъ съ мѣста.

Этимъ объясняется, почему русло тихо текущаго ручья покрывается мелкимъ иломъ, между тѣмъ какъ въ быстромъ горномъ потокѣ остаются неподвижными на днѣ русла только большіе камни.

Удерживая тѣ же размѣры камня и скорость теченія въ 12 фут., положимъ, что камень омывается водою такимъ образомъ, что нижняя его грань вся соприкасается съ водою, и что далѣе позади возведенною стѣною движеніе воды подъ камнемъ останавливается. При этомъ на каждый кв. футъ нижней грани будетъ производиться давленіе въ 3,88 пуд., что на четыре кв. фута составитъ $4 \times 3,89$ пуд. = 15,56 пуд.; къ этому присоединится еще давленіе воды въ 13,84 пуд., такъ что давленіе снизу вверхъ будетъ 29,40 пуд. и весь камень будетъ $30 - 29,40 = 0,60$ пуд. Если камень можетъ безпрепятственно катиться, то отъ давленія въ 15,56 пуд. на переднюю грань онъ приметъ такой родъ движенія; если же онъ не можетъ катиться, то незначительнаго увеличенія въ скорости будетъ достаточно для того, чтобы давленіе снизу превзошло давленіе сверху и тогда камень будетъ поднятъ.

Если скорость воды будетъ измѣняться, то давленія, производимыя другъ на друга камнями сооруженія, стоящаго въ водѣ, могутъ отъ дѣйствія ея значительно измѣниться, если только выступы, щели, обмывы и проч. будутъ допускать воду дѣйствовать на камня непосредственно и это уже одно будетъ дѣйствовать на все сооруженіе разрушительно.

Воздухъ также передаетъ давленіе по всѣмъ направленіямъ, но онъ отличается отъ воды и др. жидкостей тѣмъ, что обладаетъ упругостью, т. е. можетъ быть сжатъ и по прекращеніи давленія снова расширится.

Воздухъ въ томъ видѣ, въ какомъ мы встрѣчаемъ его въ атмосферѣ (жатъ въсомъ надъ нимъ лежащаго воздуха, что наз. давленіемъ) — одной атмосферы, и упругость его уравновѣшиваетъ это давленіе.

Это давленіе измѣряется особымъ приборомъ, наз. барометромъ, который состоитъ изъ стеклянной трубки, запаянной съ одного конца и открытой сверху. Длина трубки 36 дюймовъ; ее наполняютъ ртутью. Въслѣдствіе давленія атмосферы ртуть стоитъ приблизительно на одинаковой высотѣ до 30 дюймовъ. Незначительныя колебанія ртутнаго столба въ механикѣ не принимаются въ расчетъ и считается постояннымъ, а именно подъ давленіемъ одной атмосферы считаютъ давленіе столба ртути въ 30 дюймовъ.

Воздухъ, какъ извѣстно, стремится распространиться во всѣ стороны и давить на всѣ поверхности, съ которыми находится въ соприкосновеніи. Давленіе одной атмосферы на всякую поверхность въ 1 кв. футъ равно давленію ртутнаго столба, имѣющаго площадь основанія 1 кв. футъ, а высоту—30 дюймовъ.

Давленіе такого столба равно его въсу, а потому мы и вычислимъ этотъ въсъ. Такъ какъ 30 дюймовъ составляютъ 2,5 фута, слѣдовательно объемъ столба ртути = 2,5 куб. фут.; $2\frac{1}{2}$ куб. фута воды въсятъ $2,5 \times 1,7286$ пуд. = 4,3215 пуд. Ртуть тяжелѣе воды въ 13,6 разъ, слѣдовательно въсъ такого столба, будетъ = 58,6 пуда. Давленіе атмосферы на 1 кв. футъ слѣдовательно = 58,6, а на 1 кв. дюймъ—16,278.

Воздух можетъ быть сжатъ, причемъ увеличивается его упругость,—сила, съ которой воздухъ стремится расшириться. Изъ опытовъ извѣстно, что воздухъ при давленіи двухъ атмосферъ занимаетъ только половину того пространства, которое онъ занимаетъ подъ давленіемъ одной атмосферы; при давленіи 3 атмосферъ объемъ воздуха сдвѣляется вътрое менѣе и т. д. Вообще, пространство, занимаемое воздухомъ, во столько разъ уменьшается, во сколько увеличивается производимое на него давленіе. Законъ этотъ извѣстенъ подъ названіемъ закона Мариота.

Простыя машины.

Ознакомившись съ законами движенія, перейдемъ теперь къ разсмотрѣнію простѣйшихъ снарядовъ, предназначенныхъ измѣнять произведенное разъ движеніе съобразно съ извѣстною цѣлью. Такіе снаряды носятъ названіе машинъ. Когда напр. вода, вытекающая изъ канала, падаетъ на колесо и чрезъ то приводитъ его во вращательное движеніе, колесо въ этомъ случаѣ носитъ названіе машины.

Машины сами по себѣ не могутъ приходить въ движеніе, а требуютъ для того дѣйствія нѣкоторыхъ постороннихъ силъ. Машина, какъ мертвая масса, сама по себѣ не производитъ также работу; машину приводитъ въ движеніе сила, вслѣдствіе чего величина доставляемой ею работы не можетъ быть болѣе величины работы силы.

Мы знаемъ, что одно и то же количество работы можетъ быть произведено различнымъ образомъ; дѣйствіе же машины должно состоять въ томъ, чтобы посредствомъ ея, силою извѣстнаго напряженія, производилась извѣстнаго рода работа и при томъ въ опредѣленномъ количествѣ.

Положимъ, что на водяное колесо падаетъ въ 1 секунду 20 куб. фут. воды съ высоты 8 футовъ. Такъ какъ 20 куб. фут. воды всѣять $20 \times 1,73$ пуд. = 34,6 пуд., то слѣдовательно работа движущей силы втеченіи одной секунды будетъ $34,6 \times 8 = 276,8$ пудо-футамъ.

Это и будетъ наибольшей работой, которую можетъ передать колесо исполнительнымъ механизмамъ, т. е. наибольшее число пудовъ, которое оно можетъ поднять въ 1 секунду на высоту 1 фута равно 276,8 пуд.; на высоту же 100 фут. не болѣе 2,76 пуд.

Итакъ, водяное колесо само не производитъ работы; ее доставляетъ движущая сила—вѣсъ падающей воды.

Машина разъ приведенная въ движеніе будетъ продолжать двигаться вслѣдствіе инерціи, но коль скоро она должна преодолѣвать сопротивленія, т. е. производить работу, то это сопротивленіе или остановить ее или же требуетъ для продолженія движенія постоянного дѣйствія вѣншей силы.

Во вѣхъ машинахъ встрѣчаются вредныя сопротивленія движенію, а именно—треніе. Для преодоленія сопротивленія нужно израсходовать часть полезной работы, которую желаютъ производить, причемъ получается работа силы.

Вѣхъ движенія машинъ могутъ быть составлены изъ движеній прямолинейнаго и вращательнаго; простыя же машины производятъ или только одно прямолинейное, или одно вращательное движеніе. Къ простымъ машинамъ относятся: рычагъ, воротъ, блокъ, наклонная плоскость, клинъ и винтъ.

Рычагъ. Рычагомъ наз. твердый брусъ, укрѣпленный въ одной точкѣ такъ, что онъ можетъ вращаться около нея. Имѣются три рода рычаговъ, отличающіеся одинъ отъ другого расположеніемъ точки при-

ложения силы, точки приложения преодолеваемого груза и точки упора.

Рычагъ первого рода будетъ тотъ, когда сила и грузъ дѣйствуютъ на оконечности рычага, а точка упора находится гдѣ нибудь на протяженіи между ними.

Второго рода рычагомъ наз. такой, когда сила и точка упора находятся по краямъ рычага, а грузъ гдѣ нибудь между ними.

Третьяго рода рычагъ имѣетъ точку упора и грузъ по краямъ рычага, а сила дѣйствуетъ гдѣ нибудь между ними.

Для опредѣленія силы по данному грузу для всѣхъ трехъ родовъ рычаговъ надо умножить данный грузъ на разстояніе между его точкою приложения и точкою упора; произведеніе раздѣлить на разстояніе между точкою приложения силы и тѣю же точкою упора, въ частномъ получится та сила, какую нужно употребить для подъема данного груза.

Положимъ, что требуется опредѣлить величину силы, которая могла бы уравновѣсить грузъ въ 80 фунтовъ на рычагахъ всѣхъ трехъ родовъ при длинѣ ихъ въ 60 дюймовъ, предполагая что въ первомъ и во второмъ родахъ разстояніе между точкою опоры и точкою приложения груза равно 10 дюймамъ. Въ третьемъ же то же разстояніе въ 10 дюймовъ находится между точкою приложения груза и точкою приложения силы.

$$\begin{array}{l} \text{Для рычага первого рода} \quad \frac{80 \times 10}{50} = 16 \text{ фунт. сила} \\ \text{„ „ „ второго „} \quad \frac{80 \times 10}{60} = 13,33 \text{ „ „} \\ \text{„ „ „ третьяго „} \quad \frac{80 \times 10}{50} = 16 \text{ „ „} \end{array}$$

На рычагѣ первого рода, длиною въ 72 дюйма, требуется уравновѣсить грузъ въ 620 фунтовъ при помощи силы въ 124 фунта. Какое должно быть въ этомъ случаѣ разстояніе между точкою опоры и точкою приложения груза?

$$\frac{124 \times 72}{620 + 124} = 12 \text{ дюймамъ.}^1$$

На деревянный брусокъ, длиною 20 фут., лежащій обоими концами на подпоркахъ, наложенъ грузъ въ 73 пуда, помѣщенный на разстояніи 4 ф. 6 д. отъ одной изъ подпорокъ. Какъ велико напряженіе, которое испытываетъ каждая подпорка?

$$20 - 4,5 = 15,5, \text{ слѣдовательно} \quad \frac{73 \times 4,5}{20} = 17,425 \text{ пуд.}$$

Этотъ вѣсъ будетъ давить на дальнюю подпорку, а на ближнюю подпорку:

$$\frac{73 \times 15,5}{20} = 56,675 \text{ пуд.}$$

Рычаги имѣютъ много практическихъ примѣненій въ ремеслахъ и строительномъ искусствѣ. Такъ, рычагъ употребляется для подъема груза, тяжелыхъ балокъ, строительныхъ матеріаловъ.

Другой примѣръ употребленія рычага представляютъ разнаго рода ножницы, начиная съ маленькихъ швейныхъ и кончая ножницами для разрѣзки желѣзныхъ листовъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ не требуется большая сила для разрѣзанія, или гдѣ требуется быстро рѣзать, употребляютъ ножницы съ длинными лезвіями и короткими плечами силы, такъ напримѣръ изготовляются ножницы для разрѣзыванія бумаги, ножницы, употребляемыя портными и т. д.; напротивъ, въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ нужно выгрызывать силу, изготовляютъ ножницы съ короткими лезвіями и длинными плечами силы; такими ножницами можно дѣлать только короткіе разрѣзы.

Одно изъ наиболѣе употребительныхъ примѣненій рычага мы видимъ въ вѣсахъ.

Обыкновенные вѣсы представляютъ равноплечный рычагъ, къ концамъ котораго привѣшены чашки. Если въ обѣ чашки такихъ вѣсовъ положить по равному грузу, то равновѣсіе между ними установится и коромысло придетъ въ состояніе покоя. Равновѣсіе это существовало бы при всѣхъ положеніяхъ коромысла.

Мы не будемъ здѣсь распространяться о тѣхъ условіяхъ, которыми должны удовлетворять хорошіе вѣсы, а рассмотримъ только, какимъ образомъ можно на невѣрныхъ вѣсахъ взвѣсить вѣрно. Для этого кладутъ на одну изъ чашекъ тѣло, которое хотятъ взвѣсить, а на другую гири и дробь до тѣхъ поръ, пока вѣсы придутъ въ равновѣсіе, затѣмъ вынимаютъ взвѣшиваемый предметъ и кладутъ туда столько гирь чтобы они уравновѣсили прежде положенныя въ другую чашку.

Для оптовой торговли нужны вѣсы, посредствомъ которыхъ можно было бы удобно взвѣшивать большіе грузы. Къ такого рода вѣсамъ относятся такъ наз. десятичные или децимальныя вѣсы, показанныя на рис. 57 и 58.

На платформу *ab* кладутъ грузы, въ привѣшанную же *i* чашку *C*—гирь. Рычагъ *JB Kgt* вращается около *K*.

Вѣсы надо установить такъ, чтобы грузъ можно было налагать на какое угодно мѣсто платформы, что возможно только въ томъ случаѣ, когда всѣ точки платформы будутъ одинаково подниматься и опускаться при вращеніи рычага *i K B g t*. Цѣли этой можно достигнуть такъ: когда опускается чашка,

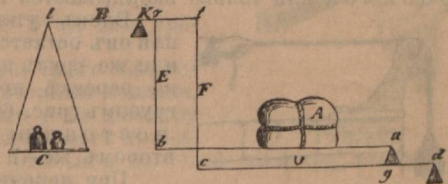


Рис. 57.

плечо рычага *Kgt* поднимается. Точка *г* соединена помощью стержня

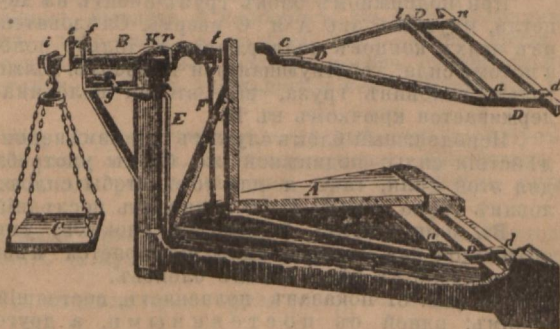


Рис. 58.

съ точкою *b* платформы, которая также поднимается. Въ точкѣ *s* соединяется рычагъ *sad* со стержнемъ *F*, подвѣшеннымъ въ точкѣ *t*. Вслѣдствіе такого устройства, при опусканіи чашки *C*, точка *a* платформы и точка *S* рычага *sad*, вращающагося около *D*, поднимаются. На этотъ рычагъ въ точкѣ *A* опирается платформа и точка ея опоры при подъѣмѣ рычага тоже поднимается.

Вѣсы должны быть собраны такъ, чтобы всѣ точки *A* и *C* поднимались и опускались одинаково. Если *KT* въ 4 раза болѣе *KR*, то *T*, также и *C* поднимутся въ 4 раза выше точки *B*. Если затѣмъ *CD* будетъ въ 4 раза болѣе *DA*, то *A* поднимется только на $\frac{1}{4}$ подъема тачекъ *T* и *C*, т. е. на ту же высоту, на которую поднимутся точки *R* и *T*.

Итакъ для того, чтобы платформа *A* поднималась во всѣхъ мѣстахъ одинаково нужно, чтобы длина *KT* была во столько разъ больше *KR*, во сколько *DC* болѣе *AD*. При этомъ условіи платформа поднимется на столько же, на сколько поднимется и точка *R*.

Чашка же *C* опустится во столько разъ ниже, чѣмъ поднимется *R*, во сколько *IK* болѣе *KR*. При небольшихъ такихъ вѣсахъ отношеніе между этими длинами дѣлается равнымъ 10, при большихъ же—100. Слѣдовательно, при первыхъ для равновѣсія нужно положить на чашку вѣсовъ $\frac{1}{10}$ часть груза, а при вторыхъ— $\frac{1}{100}$, т. е. 1 фунтовая гиря уравновѣшиваетъ 10 или 100 фунтовъ груза.

Блокъ состоитъ изъ желобчатаго шкива, который можетъ вращаться около оси (сердечника), проходящей чрезъ его центръ и на который налагается шнуръ, веревка или тонкій канатъ, къ которому прилагается сила и грузъ. Концы оси или плотно закрѣпляются въ коробкѣ, наз. о бой мой или только вкладываются въ ея стѣнки.

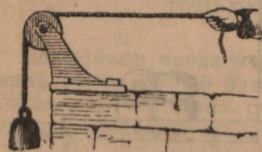


Рис. 59.

Блокъ употребляется двоякимъ образомъ: или онъ остается на мѣстѣ прикрѣпленія (рис. 59), или же грузъ прикрѣпляется къ обоймѣ и блокъ на веревкѣ приходитъ въ движеніе вмѣстѣ съ грузомъ (рис. 60). Въ первомъ случаѣ блокъ наз. постояннымъ или неподвижнымъ, во второмъ же—подвижнымъ.

При неподвижномъ блокѣ сила должна быть равна грузу, такъ какъ они дѣйствуютъ на равныя плечи рычага. При подвижномъ блокѣ вращеніе происходитъ около точки *C*; слѣдовательно, плечо силы будетъ *CB*, а плечо груза—*AC*. Последнее вдвое болѣе перваго, и потому сила при такомъ блокѣ должна быть равна половинѣ вѣса груза.

При подвижномъ блокѣ грузъ виситъ на двухъ концахъ петли, идущихъ отъ *A* и *C* вверхъ. Слѣдовательно каждый изъ этихъ концовъ поддерживаетъ только половину груза, а потому сила, дѣйствующая при *A* вверхъ, должна равняться только половинѣ груза, ибо вторая половина груза поддерживается крючкомъ въ *D*.

Неподвижный блокъ служитъ для измѣненія направленія дѣйствія силы; подвижной же блокъ употребляется какъ для этой цѣли, такъ и для того, чтобы силою, равную половинѣ груза, можно было поднимать послѣдній.

Въ полиспацахъ (сложныхъ блокахъ) уменьшеніе необходимой для подъема силы повторяется нѣсколько разъ при посредствѣ нѣсколькихъ блоковъ.

На рис. 61 показанъ полиспасть, состоящій изъ двухъ обоймъ: одной съ постоянными, а другой, съ подвижными блоками, изъ которыхъ каждый можетъ вращаться независимо отъ другого. На нашемъ рисункѣ грузъ виситъ на 4 концахъ



Рис. 60.

веревки; слѣдовательно каждый конецъ поддерживаетъ только $\frac{1}{4}$ груза, почему и сила для равновѣсія должна быть равна $\frac{1}{4}$ груза.

Если полиспасть состоитъ изъ трехъ подвижныхъ блоковъ, то сила должна быть равна $\frac{1}{6}$ части груза.

Изъ этого примѣра однако не слѣдуетъ, что можно по произволу увеличивать число блоковъ, ибо на сколько уменьшается сила, на столько же увеличивается путь, ею проходимый, и кромѣ того увеличивается треніе веревки. Последнее обстоятельство влечетъ за собой потерю въ силѣ, которая можетъ быть до того значительна, что увеличеніе числа блоковъ не произведетъ выигрыша въ силѣ. Вотъ почему въ практикѣ обыкновенно ограничиваются употребленіемъ не болѣе 3—4 подвижныхъ блоковъ.

Приведемъ нѣсколько примѣровъ.

1) Какую надо приложить силу для подъема 250 фунтовъ груза, если полиспасть, состоитъ изъ 4 подвижныхъ и 4 неподвижныхъ блоковъ?

$$4 \times 2 = 8 \text{ и } \frac{250}{8} = 31,25 \text{ фунт. напряженія.}$$

2) Какъй грузъ подниметъ сила въ 120 фунтовъ при помощи двухъ блоковъ, одного въ 4 шкива, неподвижнаго, и другого въ 3 шкива, подвижнаго.

$3 \times 2 = 6$ и $120 \times 6 = 720$ фунт. для преодоляемаго груза.

Что касается діаметра блока, то его обыкновенно дѣлаютъ равнымъ 7 діаметрамъ веревки, если грузъ поднимаютъ веревкой и 21 діаметру цѣпнаго желѣза, когда грузъ поднимаютъ цѣпью.

Діаметръ оси блока дѣлаютъ равнымъ 0,9—0,12 діаметра веревки и 3,5—4,5 діаметра цѣпнаго желѣза.

Воротъ состоитъ изъ колеса, укрѣпленнаго на валѣ, съ которымъ оно имѣетъ одну общую ось, около которой и колесо и валъ могутъ совокупно вращаться. Валъ на своихъ концахъ имѣетъ шины, которые лежатъ въ подшипникахъ, укрѣпленные въ деревянной станинѣ. При воротѣ сила дѣйствуетъ на окружность колеса, а грузъ—на окружность вала. Впрочемъ, бываетъ и наоборотъ. Въ первомъ случаѣ радіусъ колеса будетъ плечо силы, а радіусъ вала—плечо груза. По этому во сколько разъ мы увеличимъ радіусъ колеса, сравнительно съ радіусомъ вала, во столько же разъ уменьшится необходимая для подъема груза сила.

Если напр. длина рукоятки = 12 дюймовъ, а радіусъ вала съ половиною толщины каната, къ концу котораго привѣшанъ грузъ, равны 4 дюймамъ, то для равновѣсія сила, приложенная къ рукоятки = $\frac{4}{12} = \frac{1}{3}$ груза.

Какую надо приложить силу со скоростью 20 футовъ въ минуту, чтобы поднять 42 пуда въ 10 минутъ на высоту 60 футовъ?

Скорость поднимаемаго груза = $\frac{60}{10} = 6$ ф., отсюда искомое на-

пряженіе для силы = $\frac{42 \times 6}{20} = 12,6$ пудовъ.

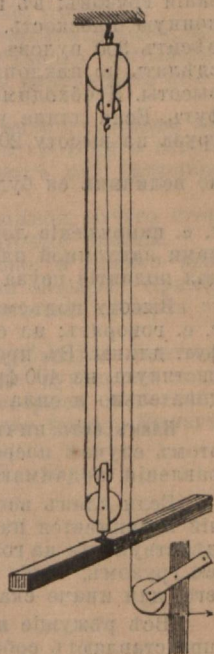


Рис. 61.

и

Наклонная плоскость употребляется весьма часто для подъема грузовъ, какъ это мы видимъ въ помостахъ, устраиваемыхъ для вкатыванія грузовъ; въ гору идущая улица представляетъ собой также наклонную плоскость. Если напр. экипажъ, который вмѣстѣ съ грузомъ вѣситъ 300 пудовъ, надо поднять на высоту 200 фут., то это удобно сдѣлать по наклонной улицѣ, которая мало по малу достигаетъ этой высоты. Необходимая для этого работа будетъ $300 \times 200 = 60.000$ пудо-футъ. Если длина улицы будетъ 4000 футовъ, то сила для подъема груза на высоту 200 фут. должна пройти путь = 4000 фут.; слѣдовательно

величина ея будетъ $\frac{1}{4000}$ часть работы или $= \frac{60000}{4000} = 15$ пудамъ,

т. е. напряженіе лошадей, втаскивающихъ экипажъ по разсматриваемой нами наклонной плоскости, должно быть то же, какое потребовалось бы для поднятія груза въ 15 пудовъ вертикально вверхъ.

Высоту подъема улицы обыкновенно выражаютъ въ процентахъ, т. е. говорятъ: на столько футовъ поднимается улица на каждые 100 фут. длины. Въ предъидущемъ примѣрѣ, гдѣ подъемъ на 200 футовъ растянутъ на 400 фут. длины, подъемъ улицы выразится въ 50%; слѣдовательно и сила въ этомъ случаѣ составляетъ только 50% груза.

Клинь есть ничто иное, какъ подвижная наклонная плоскость; и въ этомъ случаѣ посредствомъ передвиженія ея въ горизонтальномъ направленіи поднимаютъ лежащій на пей грузъ.

Если клинь всею своею длиною подвинуть подъ грузъ, то послѣдній поднимается на высоту, равную его ширинѣ. Слѣдовательно, сила, дѣйствующая на головку клина, можетъ быть тѣмъ меньше, сравнительно съ грузомъ, чѣмъ меньше будетъ ширина клина въ отношеніи къ длинѣ его, или иначе сказать, клинь тѣмъ легче заклинить, чѣмъ онъ острѣе.

Все рѣзущіе инструменты, какъ напр. ножи, топоры, долота и т. п. представляютъ собой клинья. Они тѣмъ лучше исполняютъ свое назначеніе, чѣмъ острѣе ихъ лезвіе. Поэтому ножи, которые должны быть очень остры и при томъ должны преодолевать небольшія сопротивленія при разрѣзѣ, напр. бритвы, дѣлаются съ очень узкими лезвіями. Тѣ же рѣзущіе инструменты, которые должны преодолевать значительныя сопротивленія, какъ напр. топоры, долота и т. п. съ слишкомъ острыми лезвіями дѣлать не слѣдуетъ, а напротивъ, ихъ дѣлаютъ тупѣе, чтобы увеличить сопротивленіе излому.

Витъ. Наклонная плоскость, обвитая около цилиндра, образуетъ винтовую линію. Всемъ извѣстнъ примѣръ такого рода линіи представляетъ витая лѣстница.

Высота bc (рис. 62), на которую при этомъ поднимается наклонная плоскость при каждомъ оборотѣ около стержня, наз. высотой или ходомъ винтового нарѣза (витка).

Если по такой навитой наклонной плоскости поднимать грузъ, то сила должна будетъ пройти всю длину винтового нарѣза между тѣмъ какъ грузъ будетъ подниматься только на высоту его. Слѣдовательно, сила, необходимая для такого подъема, можетъ быть во столько разъ меньше груза, во сколько высота винтового нарѣза меньше длины его.

Въ практикѣ употребляютъ витъ не такъ какъ мы теперь описали, но всегда вмѣстѣ съ другимъ тѣломъ, внутри котораго соответственно винтовымъ нарѣзамъ дѣлаются врѣзы, такъ что въ нихъ помѣщаются

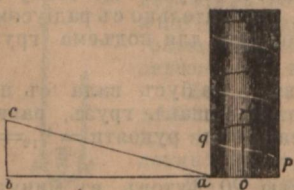


Рис. 62.

первые; этотъ второй, полый винтъ наз. гайкой, а цѣлый винтъ — винтовымъ стержнемъ.

При употребленіи винтовъ гайка можетъ быть нѣсколько случаевъ:

1) Вращается гайка вокругъ неподвижно укрѣпленнаго стержня; при этомъ она поднимается или опускается по стержню. Такого устройства винты встрѣчаются въ прессахъ, употребляемыхъ въ различныхъ ремеслахъ, какъ напр. у переплетчиковъ.

2) Вращается гайка, не двигаясь ни вверхъ, ни внизъ; стержень же, встрѣчая препятствія слѣдовать за вращеніемъ гайки, проходитъ сквозь нее. Такого устройства винты употребляются въ пилахъ для натягиванія полотна пилы.

3) Вращается стержень, а гайка остается неподвижною, отчего стержень проходитъ сквозь нее. Такъ устраиваются винтовые прессы.

4) Наконецъ, стержень не двигается поступательно, а только вращается. При такомъ устройствѣ гайка движется по стержню. Примѣромъ такого устройства служитъ винтъ для передвиженія сюпорта съ рѣзцомъ на самоточкахъ токарныхъ станковъ.

Вообще, случаи употребленія винта весьма разнообразны. Винты и гайки приводятся въ движеніе или непосредственно рукою, но чаще посредствомъ рычага. Въ первомъ случаѣ головкѣ стержня или гайкѣ придають особенную, приспособленную для схватыванія, форму. Рычагъ, употребляемый во второмъ случаѣ, наз. ключемъ.

Т р е н і е .

До сихъ поръ, разсматривая движеніе, мы обращали вниманіе только на производящую движеніе силу и на преодолеваемый ею грузъ; но при всякомъ движеніи неминуемо встрѣчаются нѣкоторыя препятствія—сопротивленія движенію, изъ которыхъ мы здѣсь разсмотримъ наиболѣе важное, именно: треніе.

Треніе вообще происходитъ отъ соприкосновенія двухъ тѣлъ, изъ которыхъ хотя бы одно находилось въ движеніи. Въ строгомъ смыслѣ этого слова треніе происходитъ не только между твердыми тѣлами, но также между жидкими и газообразными.

Надо различать два рода тренія: 1) скользящее, когда одно изъ двухъ соприкасающихся тѣлъ скользитъ по другому и 2) катящее—если тѣло катится по поверхности другого тѣла.

Въ машинахъ разсматривается только скользящее—треніе, которое подчиняется слѣдующимъ общимъ законамъ:

1) Треніе будетъ тѣмъ больше, чѣмъ трущіеся поверхности сильнее давятъ одна на другую.

2) Когда общее давленіе двухъ трущихся тѣлъ не измѣняется, то и величина сопротивленія отъ тренія также не измѣнится, независимо отъ того, будутъ-ли увеличиваться или уменьшаться трущіеся поверхности.

3) Треніе между однородными тѣлами больше, чѣмъ между разнородными.

4) Во время движенія треніе не зависитъ отъ скорости движенія. Это кажущееся противорѣчіе объясняется тѣмъ, что хотя при переходѣ тѣла изъ состоянія покоя въ состояніе движенія треніе будетъ больше, чѣмъ во время движенія и чѣмъ скорость трущагося тѣла возрастаетъ,

тѣмъ больше число неровностей, малозамѣтныхъ для глаза, на поверхностяхъ трущихся тѣлъ, приходятъ во взаимное сцѣпленіе, но тѣмъ быстрее они разъединяются. Слѣдовательно, въ общемъ треніе не измѣнится.

Что касается величины тренія, или такъ называемаго коэффиціента тренія, то онъ опредѣляется весьма простымъ опытомъ: положимъ, что на гладкой желѣзной плоскости наложенъ также гладкій кусокъ желѣза, вѣсомъ въ 100 фунтовъ. Чтобы передвинуть зтотъ кусокъ желѣза необходимо преодолѣть треніе, величина котораго найдется, если мы къ нему привяжемъ веревку и перекинемъ ее черезъ блокъ, а къ другому, свободному концу веревки привѣсимъ грузъ. Въсь груза, заставляющій кусокъ желѣза двигаться по плоскости, выразитъ сопротивленіе отъ тренія. Положимъ, что зтотъ грузъ будетъ 34 фунта. Слѣдовательно, для того, чтобы преодолѣть сопротивленіе, производимое давленіемъ или вѣсомъ въ 100 фунтовъ, необходима сила въ 34 фунта, а слѣдовательно на каждый фунтъ давленія надо $\frac{34}{100} = 0,34$ фунта. Эта величина и будетъ выражать коэффиціентъ тренія.

И такъ, величина тренія получится, если величину сопротивленія отъ тренія, производимаго давленіемъ какаго-либо тѣла раздѣлить на величину самаго давленія. Когда же величина тренія между двумя тѣлами опредѣлена опытомъ, то общее сопротивленіе, испытываемое движущимся тѣломъ, получится умножая величину тренія на производимое движущимся тѣломъ давленіе

Коэффиціентъ тренія зависитъ отъ рода соприкасающихся поверхностей и состоянія ихъ, и принимаетъ слѣдующія величины, опредѣленныя опытомъ:

Металлъ по металлу	0,10	—0,30
” ” дереву	0,10	—0,60
Дерево ” ”	0,10	—0,70
Кожа ” металлу	0,25	—0,60
” ” дереву	0,25	—0,70
Веревка ” ”	0,40	—0,80
Металлъ ” камню	0,25	—0,50
Дерево ” ”	0,30	—0,65
Камень ” ”	0,40	—0,70
Кирпичъ ” ”	0,50	—0,75
Ледъ ” льду	0,18	—0,028
Сталь ” ”	0,014	—0,027

При помощи смазокъ можно значительно уменьшить треніе, что видно изъ слѣдующихъ данныхъ:

Металлъ по металлу	0,05	—0,10
” ” дереву	0,02	—0,10
Дерево ” ”	0,033	—0,10
Кожа ” металлу	0,12	—0,20

Дѣйствіе смазочныхъ средствъ состоитъ въ заполненіи неизбежныхъ неровностей на трущихся плоскостяхъ, а потому смазка должна быть достаточно мягка и жидка, чтобы принимать въ мельчайшія углубленія этихъ плоскостей и въ то же время не вытекать изъ нихъ. Для того, чтобы объяснить дѣйствіе смазочныхъ веществъ, возьмемъ примѣръ: положимъ, что мы имѣемъ чугунный валъ, вращающійся въ бронзовыхъ вкладышахъ подшипниковъ, въ которые изъ особой маслянки непрерывно

притекаетъ масло. При вращеніи вала одна часть маслянаго слоя останется во вкладышахъ, а другая пристанетъ къ поверхности вала, и такимъ образомъ уже не металлъ будетъ двигаться по металлу, а масло по маслу. Какъ смазочныя средства, кромѣ жидкихъ и полужидкихъ веществъ, употребляются иногда и твердыя, какъ напр. графитъ, истертый въ мелкій порошокъ.

Дѣйствіе графита, какъ смазочнаго матеріала основано на томъ, что онъ состоитъ изъ мелкихъ мягкихъ частицъ, которыя при движеніи трущихся поверхностей проникаютъ въ ихъ мельчайшія углубленія, и, заполняя ихъ, поддерживаются взаимнымъ давленіемъ этихъ поверхностей. Къ жидкимъ и полужидкимъ смазочнымъ средствамъ относятся жиры, сало, а также масло животнаго и растительнаго происхожденія.

Движуція силы.

Природа намъ даетъ различныя силы для приведенія въ движеніе машинъ, изъ которыхъ преимущественно пользуемся силою тяжести, упругостью, теплотою и мускульною силою человѣка и животныхъ.

Употребленіе силы тяжести для движенія машинъ состоитъ или въ томъ, что на веревкахъ заставляютъ опускаться съ высоты гири предвзвѣшенно поднятыя, какъ мы напр. видимъ въ часахъ при подъемѣ занавѣсей, кулисы въ театрахъ и проч. или же въ томъ, что вмѣсто гири употребляютъ воду, которая самою природою поднимается на значительную высоту, причемъ пользуются ея вѣсомъ, заставляя ее падать на колеса или опускаться какимъ либо другимъ способомъ.

Работа силы тяжести опредѣляется довольно просто, чрезъ помноженіе вѣса опускающагося тѣла на высоту паденія. Если напр. гири, вѣсомъ въ 1 пудъ, опустить съ высоты 10 фут., то работа будетъ $1 \times 10 = 10$ пудофутамъ. Если 1 куб. футъ воды падаетъ съ высоты 6 футовъ, работа воды выразится $1,73 \text{ пуда} \times 6 \text{ фут.} = 10,38 \text{ пудофутовъ}$.

Упругостью, какъ твердыхъ, такъ и жидкихъ тѣлъ, пользуются для произведенія движенія. Твердыя тѣла, которыя по своимъ свойствамъ допускаютъ значительное измѣненіе своей формы и при томъ удерживаютъ стремленіе принимать первоначальный видъ по прекращеніи дѣйствія на нихъ силъ, наз. пружинами. Такое движеніе чаще всего употребляется въ часовыхъ механизмахъ. Въ часахъ пружина, завитая въ спираль заключена въ барабанъ или коробку; однимъ концомъ она прикрѣплена къ оси, а другимъ къ барабану, который можетъ вращаться около неподвижной оси. Когда пружину закрутятъ, она начинаетъ развертываться, вслѣдствіе чего барабанъ принимаетъ вращательное движеніе, передающееся чрезъ посредство навитой на нее цѣпочки остальному механизму. Пружина при развертываніи оказываетъ силу, равную той, которая требовалась для ея наворачиванія; въ ней, такъ сказать, собирается эта сила, а затѣмъ медленно потребляется на приведеніе часовъ въ движеніе.

Упругостью воздуха пользуются для приведенія въ движеніе вѣтряныхъ двигателей.

Теплота во многихъ случаяхъ употребляется для произведенія движенія, какъ напр. при помощи воды, обращенной въ паръ. Паровыя двигатели имѣютъ весьма значительное распространеніе въ промышленности.

Кромѣ пара для произведенія движенія употребляется свѣтильный газъ, а также керосинъ, бензинъ и др. летучія жидкости.

Количество теплоты обыкновенно опредѣляется количествомъ воды, напр. 1 фунта нагрѣваемаго этою теплотою на 1 градусъ. Это наз. единицею теплоты.

Для того, чтобы опредѣлить механическую работу, производимую единицею теплоты, представимъ себѣ цилиндръ, имѣющій въ поперечномъ сѣченіи 1 кв. футъ. Цилиндръ этотъ закрыть съ одного конца крышкой, а съ другого въ него вложить подвижной поршень. На заключенный въ цилиндрѣ воздухъ чрезъ посредство поршня будетъ давить наружный воздухъ съ силою, равною 58 пуд. 24 фунта; при этомъ никакого измѣненія въ состояніи внутренняго воздуха не произойдетъ, ибо наружное давленіе уравнивается внутреннимъ. Если же воздухъ нагрѣть, то расширяясь онъ подниметъ поршень. Но чрезъ расширение воздухъ болѣе и болѣе охлаждается, уменьшается въ объемъ, отчего поршень опустится назадъ. При новомъ нагрѣваніи, а слѣдовательно и расширеніи воздуха, находящагося подъ поршнемъ, поршень вновь поднимется.

Изъ опытовъ извѣстно, что работа, которую можетъ произвести 1 единица теплоты равна приблизительно 34 пудофутамъ. Этой работой, какъ мы увидимъ далѣе, далеко не полно, ибо значительная часть ея теряется на преодоленіе вредныхъ сопротивленій.

Гидравлика.

Мы уже знаемъ, что если въ какомъ нибудь сосудѣ или резервуарѣ находится вода или какая либо другая жидкость, то боковыя стѣнки сосуда и дно его претерпѣваютъ извѣстное давленіе. Это давленіе, зависящее отъ вѣса жидкости, передается одинаково по вѣмъ направленіямъ и прямо пропорціонально величинѣ площади давленія.

Давленіе на дно сосуда, будутъ ли вертикальны его боковыя стѣнки или наклонны, равно вѣсу столба жидкости, котораго основаніе равно площади дна, а высота равна разстоянію дна отъ свободной поверхности жидкости.

Давленіе жидкости, перпендикулярное къ боковой стѣнѣ сосуда, будетъ ли эта стѣна вертикальна или наклонна, равно вѣсу призмы, которой основаніе равняется площади стѣны, а высота—вертикальному разстоянію центра тяжести стѣны отъ свободной поверхности.

Положимъ, что требуется опредѣлить давленіе на дно резервуара, которое имѣетъ видъ прямоугольника, длиною 10 футъ, шириною 5 футъ, если глубина воды = 6,5 футъ?

Площадь дна $5 \times 10 = 50$ кв. фут.; объемъ способа воды $= 50 \times 6,5 = 325$ куб. фут. Вѣсъ этого столба воды или давленіе на дно сосуда, принимая куб. футъ воды = 69,1 фунтовъ, будетъ равенъ $325 \times 69,1 = 22457,5$ фунт.

Мы уже знаемъ, что вода, текущая въ руслахъ, имѣетъ весьма важное практическое значеніе, какъ средство къ передвиженію или какъ источникъ механической работы. Законы, управляющіе теченіемъ совершенно одинаковы какъ для воды, текущей въ естественныхъ руслахъ рѣкъ и ручейковъ, такъ и для движенія ея въ искусственныхъ руслахъ—каналахъ.

Всякое русло состоитъ изъ дна и двухъ береговъ. Сѣченіе его плоскостью перпендикулярно къ направленію теченія наз. поперечнымъ профилемъ потока, а часть площади этого профиля, занятая водою, носитъ названіе живого сѣченія. Вертикальная плоскость сѣченія рѣки, параллельная направленію теченія, наз. продольнымъ профилемъ.

Естественное русло всегда нѣсколько наклонно къ горизонту, такъ что вода скользитъ по немъ какъ по наклонной плоскости. Уклонъ, который дѣлаетъ свободная поверхность текущей воды съ горизонтомъ, опредѣляется такъ наз. паденіемъ. Величина паденія для различныхъ потоковъ можетъ быть весьма различная, въ зависимости отъ свойства рельефа мѣстности, приблизительно отъ $\frac{1}{8}$ до 8 фут. на протяженіи одной версты; для горныхъ же потоковъ 8—10 футъ.

Трение воды о дно и стѣнки русла замедляютъ это движеніе настолько, что при постоянномъ паденіи и поперечномъ сѣченіи движеніе дѣлается равномернымъ. Вода движется по наклону русла подъ вліяніемъ дѣйствующей на нее силы тяжести. При этомъ, если бы вода не встрѣчала никакого сопротивленія своему движенію, то при неизмѣняемости величины паденія движеніе ея было бы равномерно-ускоренное, но вслѣдствіе поворотовъ ея русла, тренія воды о дно и берега это движеніе измѣняется. Наименьшую скорость будутъ имѣть частицы воды, прилегающія къ стѣнкамъ русла; по мѣрѣ же удаленія отъ дна и береговъ скорость увеличивается, такъ что наибольшая скорость будетъ соответствовать какой либо точкѣ, лежащей на срединѣ линіи поперечнаго сѣченія рѣки.

Иногда бываетъ необходимо опредѣлить объемъ воды, проходящей въ единицу времени чрезъ данное поперечное сѣченіе рѣки, т. е. расходъ воды.

Этотъ расходъ равенъ площади живого сѣченія, умноженной на скорость, которую имѣютъ частицы воды въ моментъ прохожденія ихъ чрезъ это сѣченіе. Слѣдовательно, для опредѣленія величины расхода надо прежде всего измѣрить площадь живого сѣченія, а затѣмъ соответствующую этому сѣченію скорость теченія воды.



Рис. 63.

Площадь живого сѣченія ограничена съ верхней стороны прямою линіею горизонта воды, а съ остальныхъ сторонъ кривыми сѣченія дна и береговъ, составляющими такъ наз. подводный периметръ. Такимъ образомъ, чтобы найти площадь живого сѣченія, надо провести прямую линію АВ (рис. 63), перпендикулярную къ направленію теченія, раздѣлить эту линію на большое число равныхъ частей и въ точкахъ дѣленія шестомъ или лотомъ съ веревкой измѣрить глубину потока. Тогда, принявъ эти весьма малыя кривыя линіи, ограниченныя двумя вертикальными а, в, с, d и т. д. за прямыя, мы получимъ трапеціи, площадь которыхъ вычисляется весьма легко.

При вычисленіяхъ расхода воды принимается въ расчетъ средняя скорость, т. е. общая скорость для всѣхъ точекъ данного профиля, при которой расходъ имѣлъ бы такую же величину, какую онъ имѣетъ въ дѣйствительности.

Если, на извѣстномъ протяженіи въ длину, потокъ имѣетъ одинаковыя величины средней скорости во всѣхъ его поперечныхъ профиляхъ, то говорятъ, что теченіе воды однообразно. Подобное теченіе происходитъ тогда, когда уклонъ, площадь живого сѣченія и свойства грунта, образующаго русло, остаются безъ перемѣны.

Уменьшенія скорости воды, по мѣрѣ приближенія ко дну и берегамъ, зависятъ отъ многихъ условій, между которыми наиболѣе замѣтно вліяніе оказываютъ свойства стѣнокъ, образующихъ русло, т. е. свойства

грунта. Большое разнообразіе этихъ свойствъ дѣлаетъ невозможнымъ выводъ какихъ бы то ни было точныхъ правилъ опредѣленія величины уменьшенія скорости теченія;—въ сущности оно и не имѣетъ большого значенія. Для практики совершенно достаточно сдѣлать непосредственныя измѣренія и при помощи полученныхъ числовыхъ данныхъ опредѣлить среднюю скорость потока.

Вода имѣетъ наибольшую скорость не на самой поверхности, а нѣсколько ниже ея, что зависитъ отъ вѣшнихъ причинъ, какъ напр. сопротивленія движенія, оказываемаго треніемъ воздуха о поверхность воды.

Опредѣленіе скорости движенія воды можно сдѣлать при помощи поплавка, при выборѣ котораго необходимо имѣть въ виду, чтобы онъ достаточно погружался въ воду, иначе дѣйствию вѣтра окажетъ замѣтное вліяніе на скорость его и слѣдовательно на точность измѣренія. Очень удобна въ этомъ отношеніи стеклянная бутылка (рис. 64), наполненная водою на столько, чтобы лишь часть горлышка возвышалась надъ поверхностью потока.

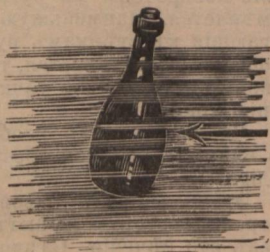


Рис. 64.

Чтобы устранить, или по возможности ослабить, вліяніе вѣтра на результатъ измѣренія, слѣдуетъ выбрать возможно тихую погоду. Самое измѣреніе наибольшей скорости помощью поплавковъ дѣлается весьма просто: поплавокъ опускаютъ въ воду въ томъ мѣстѣ рѣки, гдѣ предполагаютъ встрѣтить наибольшую скорость и измѣряютъ, по сравненію съ положеніемъ предметовъ, стоящихъ на берегу, величину пути, проходимаго поплавкомъ въ данное время. Такъ какъ скорость теченія воды можно, безъ большой погрѣшности, принять равномерной, то, если пройденный поплавокъ путь раздѣлить на соответствующее время, частное дастъ искомую скорость.

Положимъ, что въ днѣ или въ какой либо стѣнкѣ сосуда сдѣлано отверстіе: вода будетъ вытекать изъ него вслѣдствіе собственнаго вѣса и вѣса слоевъ воды, лежащихъ надъ отверстіемъ. Разстояніе центра тяжести отверстія отъ свободной поверхности воды наз. высотой давленія или напоромъ.

Если этимъ отверстіемъ сосудъ сообщается съ другимъ резервуаромъ, также наполненнымъ водою, то высотой давленія наз. вертикальное разстояніе между уровнями воды въ обоихъ сосудахъ.

Когда свободная поверхность воды подвержена еще какому нибудь вѣшнему давленію, напр. давленію поршня, то нужно опредѣлить высоту столба воды, основаніе котораго было бы равно площади поршня. Къ высотѣ этого столба надо прибавить разстояніе центра тяжести отверстія отъ свободной поверхности для того, чтобы получить полную высоту давленія.

Скорость, съ которою вода вытекаетъ изъ отверстія сосуда, равна той скорости, которую приобрѣло бы тѣло свободно падающее съ высоты, соответствующей высотѣ давленія. Слѣдовательно, она равна корню квадратному изъ высоты давленія. Обозначивъ чрезъ v скорость истеченія воды въ одну секунду; чрезъ g —скорость свободно падающаго тѣла въ концѣ первой секунды, и чрезъ h —высоту давленія (паденія), получимъ:

$$v = \sqrt{2gh}, \text{ откуда } h = \frac{v^2}{2g}$$

Выражая въ опредѣленныхъ мѣрахъ, получимъ:

$$v = \sqrt{19,62} \cdot h. \text{ метровъ, } v = \sqrt{64,36} \cdot h. \text{ футовъ.}$$

Струя воды, непрерывно вытекающая изъ сосуда, имѣетъ видъ цилиндрическаго или призматическаго тѣла, основаніе котораго равно площади отверстія сосуда, а высота или длина равна пространству, пройденному во время одной секунды, и количество вытекающей воды равно объему этого цилиндра. Обозначивъ чрезъ s площадь отверстія, M —количество вытекающей воды въ секунду, получимъ:

$$M = sv, \text{ или } M = s \sqrt{2gh}.$$

Частицы воды, устремляясь къ отверстию, нѣсколько отклоняются отъ прямолинейнаго пути перпендикулярно къ площади отверстія, при чемъ на нѣкоторомъ разстояніи отъ послѣдняго происходитъ сжатіе или сокращеніе струи, вслѣдствіе чего количество дѣйствительно вытекающей воды будетъ меньше найденнаго теоретически. Это отношеніе дѣйствительно вытекающей воды къ теоретическому наз. коэффициентомъ сжатія струи.

Если этотъ коэффициентъ будетъ напр. равенъ 0,65, то это значить, что въ дѣйствительности вытекаетъ только 65% теоретическаго количества воды.

Коэффициентъ сжатія, какъ мы увидимъ далѣе, зависитъ отъ положенія отверстія относительно боковыхъ стѣнъ сосуда, высоты давленія, толщины стѣны, въ которой сдѣлано отверстіе, вставныхъ трубокъ и т. д.

Когда сжатіе происходитъ по всей окружности струи, то оно наз. полнымъ сжатіемъ или сокращеніемъ. Оно бываетъ въ томъ случаѣ, когда разстояніе краевъ отверстія отъ дна и боковыхъ стѣнъ сосуда не менѣе какъ въ 1—2 раза болѣе наименьшей стороны отверстія.

Для круглаго отверстія, сдѣланнаго въ днѣ сосуда коэффициентъ сжатія колеблется между 0,615 и 0,650, при высотѣ давленія отъ 200 до 1 раза болѣе діаметра отверстія. При прямоугольномъ отверстіи этотъ коэффициентъ сжатія вытекающей струи воды будетъ 0,600—0,519.

Если отверстіе въ боковой стѣнкѣ или на днѣ сосуда расположено такъ, что одинъ, два или даже три края отверстія составляютъ продолженіе стѣнокъ сосуда, то сжатіе струи будетъ неполное; оно можетъ быть только съ трехъ, двухъ или съ одной стороны, предполагая, что отверстіе прямоугольное. Въ этомъ случаѣ коэффициентъ сжатія, относящійся къ полному сжатію, надо умножить на выраженіе:

$$1 + 0,523 \frac{p}{r},$$

гдѣ r означаетъ периметръ отверстія, а p —ту часть его, которая производитъ сокращеніе струи.

Коэффициентъ сжатія струи въ отверстіяхъ затворовъ, ведущихъ къ желобу, когда затворъ наклоненъ и нѣтъ сжатія ни съ боковъ, ни на днѣ отверстія (канала), будетъ 0,651—0,884, считая на единицу основанія отъ 5 до $\frac{1}{2}$ единицъ высоты. Слѣдовательно, наклонные затворы пропускаютъ воды больше, чѣмъ вертикальные и вытекающее количество воды будетъ тѣмъ больше, чѣмъ наклоннѣе затворъ.

Когда затворъ вертикаленъ, то болѣе или менѣе наклонъ желоба не имѣетъ замѣтнаго вліянія на коэффициентъ сжатія, если высота уровня воды надъ серединой отверстія будетъ не меньше 1,6 ф.—0,66 ф. при вышиинѣ отверстія 0,5—0,2 ф. Если высота давленія меньше, то наклонъ канала имѣетъ нѣкоторое вліяніе на коэффициентъ сжатія.

Коэффициентъ истеченія въ цилиндрическихъ приставныхъ трубкахъ будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ отношеніе діаметра трубки больше къ ея длинѣ.

Коническія трубки приставляются къ отверстию такъ, чтобы діаметръ постоянно уменьшался съ удаленіемъ отъ стѣнокъ сосуда. Что касается

количества истекающей жидкости и скорости истечения, то объ эти величины будутъ тѣмъ большими, чѣмъ больше уголъ между образующими.

Если прямоугольное отверстіе резервуара сверху ничѣмъ не ограничено, то образуется водосливъ. Нижнее горизонтальное ребро отверстія называется вершиной или порогомъ водослива. Водосливъ бываетъ совершенный, когда уровень канала, принимающаго воду, лежитъ ниже порога воды. Если вертикальное отверстіе между двумя уровнями воды, лежащей выше и ниже водослива по теченію, меньше высоты давленія, т. е. меньше вертикальнаго разстоянія между порогомъ водослива и уровнемъ воды, лежащей выше, тогда водосливъ называется несовершеннымъ.

Въ небольшихъ ручьяхъ или источникахъ количество протекающей воды опредѣляется слѣдующимъ, очень простымъ способомъ: запруживаютъ ручей во всю его ширину досчатой стѣной, въ которой на одинаковой высотѣ подъ уровнемъ устроено множество отверстій. Закрывая или открывая, смотря по надобности, столько отверстій, сколько нужно для того, чтобы уровень воды не измѣнялся, зная разъ навсегда, сколько изъ каждаго отверстія можетъ вытекать воды въ опредѣленное время и сколько отверстій открыто, легко опредѣлить количество воды доставляемое источникомъ.

Этотъ способъ преимущественно употребляется во Франціи для измѣренія количества воды, доставляемаго источниками. Количество воды, вытекающей изъ отверстія, діаметромъ въ 2 сантиметра (0,8 д.), при высотѣ давленія въ 3 сантиметра (1,2 д.), принято за единицу мѣры и обозначено названіемъ роусе д'еау (водяной дюймъ). При этихъ условіяхъ изъ одного отверстія можетъ вытекать въ секунду 0,2222 литра воды, или въ 24 часа, приблизительно, 20 кубич. метровъ (706 кубич. футовъ).

Если, напр., уровень воды не измѣнился, когда открыто 18 отверстій, то количество воды, доставляемое источникомъ = 18 дюймамъ = 15 кубическихмъ метрамъ или 527,75 кубич. фут. въ часъ.

Если къ сосуду, изъ котораго вытекаетъ вода, вовсе нѣтъ притока, то уровень воды постепенно понижается, высота давленія и скорость истечения, слѣдовательно, уменьшаются также постепенно.

Скорость истечения уменьшается пропорціонально корню квадратному изъ высоты давленія, слѣдовательно, уменьшается точно такъ же, какъ скорость тѣла, брошеннаго вверхъ по вертикальному направленію; а такъ какъ извѣстно, что тѣло, брошенное вверхъ, достигаетъ только половины той высоты, до которой оно дошло бы въ то же самое время, если бы скорость, его оставалась безъ перемѣны, то и вода въ извѣстный промежутокъ времени должна вытекать вдвое меньше, когда высота уровня постоянно понижается, т. е. когда вовсе нѣтъ притока, чѣмъ тогда, когда скорость воды не измѣняется.

Это правило справедливо, впрочемъ, лишь въ томъ случаѣ, когда сосудъ имѣетъ вездѣ одинаковое сѣченіе; но оно не можетъ относиться къ сосудамъ конусообразнымъ или пирамидальнымъ, вообще къ сосудамъ, суживающимся или расширяющимся книзу; изъ такихъ сосудовъ вода вытекаетъ медленѣе или быстрѣе, чѣмъ въ призматическихъ или цилиндрическихъ сосудахъ.

Примѣръ. Во сколько времени можетъ опорожниться прямоугольный параллелепипедическій резервуаръ, длиной въ 32,8 ф., шириной въ 20 ф. и вышиной въ 16,4 ф., когда нѣтъ притока, отверстіе сдѣлано на днѣ сосуда и площадь этого отверстія = 1,6 ф.

Объемъ резервуара = $32,8 \cdot 20 \cdot 16,4 = 10758,4$ куб. ф.

Если бы высота давленія не измѣнялась, то, при полномъ сокращеніи струи, въ секунду вытекло бы воды

$$0,63 \cdot 1,6 \cdot \sqrt{64,36 \cdot 16,4} = 32,75 \text{ куб. ф.,}$$

слѣдоват., 10758,4 куб. ф. вытекло бы въ $\frac{10758,5}{32,75} = 328,65$ секундъ; но

такъ какъ нѣтъ притока воды, то резервуаръ опорожнится только послѣ двойного времени, т. е. послѣ $2 \cdot 328,65 = 657,3$ секундъ.

Когда требуется провести новый каналъ, то обыкновенно дается длина его и количество воды, которое онъ долженъ доставлять въ секунду, равно какъ и средняя скорость воды.

Чѣмъ больше скорость воды, тѣмъ меньше могутъ быть размѣры поперечнаго сѣченія канала, такъ что если водѣ сообщить наибольшую скорость, допускаемую почвой, то размѣры будутъ имѣть наименьшую величину и устройство канала обойдется дешевле; но тогда паденіе должно быть велико, что во многихъ случаяхъ, въ особенности въ тѣхъ, гдѣ вода должна совершать извѣстную механическую работу, вовсе невыгодно.

Если водѣ сообщить небольшую скорость, то размѣры поперечнаго сѣченія должны быть больше и стоимость канала выше; но за то тогда достаточно очень небольшого паденія для того, чтобы водѣ сообщить данную скорость; отъ этого выигрывается паденіе воды, а слѣдовательно и запасъ силы, заключающейся въ водѣ, какъ двигатель. Во всякомъ отдѣльномъ случаѣ должны быть приняты во вниманіе эти два обстоятельства; нужно соображаться съ выгодами, доставляемыми въ каждомъ частномъ случаѣ тѣмъ или другимъ родомъ постройки.

Всѣ вопросы, встрѣчающіеся при устройствѣ новаго канала, приводятся къ слѣдующей одной задачѣ:

Зная длину канала и количество воды, которое онъ долженъ доставлять въ секунду, слѣдовательно среднюю скорость воды, найти высоту паденія и размѣры поперечнаго сѣченія.

Эта задача рѣшается помощью слѣдующей формулы:

$$3047,9 \frac{H}{L} \cdot \frac{S}{U} = 0,135 \cdot v + 0,287 \cdot v^2$$

гдѣ L означаетъ длину канала, H —высоту паденія, S —часть площади сѣченія канала занятую водою, U —часть периметра канала, покрытую водою и v —среднюю скорость теченія.

Примѣръ. Требуется провести каналъ, длиной въ 4920 ф., который доставлялъ бы въ секунду 65 кубич. футовъ воды при средней скорости $= 1$ ф.; видъ поперечнаго сѣченія долженъ быть прямоугольникъ, котораго ширина въ четыре раза больше глубины. Какъ велико должно быть паденіе и каковы должны быть размѣры поперечнаго сѣченія?

Площадь поперечнаго сѣченія

$$S = \frac{65}{3} = 21,67 \text{ кв. ф.}$$

Назовемъ ширину канала чрезъ b , тогда глубина $= \frac{1}{4} b$ и площадь сѣченія $= \frac{1}{4} b \cdot b = 0,25 b^2 = 21,67$ кв. ф.

$$\text{отсюда, ширина. . . } b = 9,31 \text{ ф.}$$

$$\text{глубина канала. . . } \frac{b}{4} = 2,33 \text{ ф.}$$

$$\text{Величина периметра } U = 9,31 + 2 \cdot 2,33 = 13,97 \text{ ф.}$$

Вставивъ въ вышеприведенную формулу эти величины L, S, U, и v, находимъ

$$3047,9 \times \frac{21,67. H}{4920.13,97} = 0,153.3 + 0,287.9$$

$$0,960644. H = 2,988;$$

$$\text{отсюда } H = 3,109 \text{ футовъ.}$$

Если эта величина паденія не вполне соответствуетъ назначенію канала, если она напр. слишкомъ велика, то нужно повторить вычисленіе, давая средней скорости величины 2,5 ф., 2,25 ф., 2 ф. и т. д. до тѣхъ поръ, пока не получится требуемая величина паденія.

Въ дѣйствительности, при выполнении постройки, выгоднѣе дѣлать размѣры поперечнаго сѣченія нѣсколько больше найденныхъ теоретически.

Движенію воды въ трубѣ сопротивляется сдѣвленіе и треніе воды на стѣнки трубы. Это сопротивленіе не зависитъ ни отъ давленія воды на стѣнки трубы, ни отъ свойства или матеріала ихъ; за то оно возрастаетъ прямо-пропорціоально длинѣ и обратно-пропорціоально диаметру трубы, т. е. если труба втрое длиннѣе, при одинаковомъ диаметрѣ, или диаметръ втрое меньше при одинаковой длинѣ трубы, то сопротивленіе будетъ также втрое больше.

Далѣе, это сопротивленіе возрастаетъ (приблизительно) прямо-пропорціоально квадрату скорости движенія воды; такъ-что напр., при двойной скорости, сопротивленіе будетъ приблизительно въ 2 . 2 = 4 раза больше.

Это сопротивленіе должно быть преодолено увеличеніемъ наклона трубъ, или, что все равно, увеличеніемъ высоты давленія. Слѣдовательно для того, чтобы вода двигалась съ большою скоростью въ длинной и узкой трубѣ, нуженъ большой наклонъ, чѣмъ при обратныхъ условіяхъ. Если трубамъ можетъ быть данъ только небольшой наклонъ, то диаметръ ихъ долженъ быть великъ и нужно довольствоваться въ этомъ случаѣ небольшою скоростью теченія.

Устройство плотинъ удобно только въ томъ случаѣ, когда имѣется возможность поднять естественный уровень рѣки на нѣкоторое разстояніе; именно, это дѣлается въ слѣдующихъ случаяхъ:

- 1) Когда рѣка не имѣетъ естественнаго паденія;
- 2) Когда естественное паденіе не достаточно;
- 3) Когда большое паденіе надо сосредоточить въ одномъ мѣстѣ;
- 4) Когда нужно увеличить или уменьшить естественныя измѣненія уровня воды.

Плотины бываютъ неподвижныя и подвижныя: первыя образуются насыпью, тянущуюся съ одного берега къ другому по прямой, кривой или ломанной линіи. Кромѣ того, неподвижныя плотины по отношенію къ высотѣ уровня воды можно подраздѣлить на два класса.

Если конецъ плотина лежитъ ниже нижняго уровня воды, то плотина наз. несовершенной, если же выше-совершенной.

Подвижныя плотины бываютъ со шлюзами, полками или клапанами. Плотина со шлюзами, хотя обходится въ постройкѣ сравнительно дороже другихъ, но за то представляетъ собою болѣе совершенное сооруженіе. Шлюзы приводятся въ движеніе, т. е. поднимаются и опускаются на нѣвѣстную высоту при помощи особыхъ подъемныхъ механизмовъ.

Въ томъ случаѣ, когда количество воды, въ какомъ нибудь бассейнѣ, устроенномъ при помощи неподвижной плотины, переменчиво, а между тѣмъ требуется, чтобы высота воды была постоянной, то подируживаніе дѣлается шлюзами; такого рода плотина наз. смѣшанной системы.

Отсюда понятно, что несовершенный водосливъ можно устраивать въ томъ случаѣ, когда количество воды въ резервуарѣ не подвергается

частымъ измѣненіямъ и высота подпрудъ не должна быть высока. Во всѣхъ другихъ случаяхъ совершенный водоемъ долженъ быть предпочтительнѣе несовершенному. Что касается строительнаго матеріала, то для устройства плотины идетъ камень, желѣзо и дерево. Деревянные плотины обходятся дешевле каменныхъ, но за то требуютъ частаго ремонта и вообще служба такой плотины менѣе долговѣчна, чѣмъ каменныхъ.

Плотина должна быть устроена такъ, чтобы вода не размывала русла и бока плотины, а потому плотину необходимо глубоко вѣзать въ берега, а снизу подвести бетонный фундаментъ.

Гидравлическіе пріемники.

Гидравлическіе машины или пріемники движущей силы воды бываютъ трехъ родовъ: водяныя колеса, турбины и водостолбовыя машины.

Наиболѣе характерное отличіе водяныхъ колесъ отъ турбинъ состоитъ въ томъ, что у колесъ вода выходитъ въ томъ же мѣстѣ гдѣ она вступила, а у турбинъ мѣста выхода и входа воды различны. Въ колесахъ вода вступаетъ и вытекаетъ на внѣшней окружности, а въ турбинахъ, вступая на внѣшней, выходитъ на внутренней, или же на оборотъ.

Кромѣ того, водяныя колеса всегда вращаются на горизонтальной оси, между тѣмъ какъ у турбинъ ось вращенія вертикальная.

По своему устройству водяныя колеса много проще турбинъ, а потому во многихъ случаяхъ они могутъ быть устраиваемы домашними способами, между тѣмъ какъ конструированіе турбинъ, ихъ устройство и установка много труднѣе, но зато они занимаютъ мало мѣсто и нѣкоторыя изъ нихъ могутъ работать круглый годъ.

Деревянные водяныя колеса обходятся въ постройки дешевле металлическихъ турбинъ. Но эта дешевизна во многихъ случаяхъ, не оправдывается практикой, ибо водяныя колеса даютъ весьма малый коэффициентъ полезнаго дѣйствія. Такимъ образомъ примѣненіе водяныхъ колесъ можетъ быть выгодно въ томъ случаѣ, когда вода находится въ изобиліи и воспользоваться надо только небольшою ея частью. Поэтому тамъ, гдѣ вопросъ о дешевизнѣ двигателя не принимается въ расчетъ и требуется только постоянная работа (круглый годъ), устанавливаютъ турбины, которыя, при извѣстныхъ приспособленіяхъ въ ихъ конструкціи и установкѣ, могутъ исполнять это назначеніе, а слѣдовательно съ выгодой замѣнить паровые и иные двигатели, расходующіе топливо.

Водяныя колеса.

Общій недостатокъ всѣхъ водяныхъ колесъ заключается въ малой скорости вращенія, а потому является необходимымъ вводить между осью колеса и рабочимъ валомъ, довольно сложную систему передачъ, которыя поглощаютъ значительную часть рабочаго колеса, въ ущербъ, полезнаго его дѣйствія.

Водяныя колеса вообще отличаются равномерностью хода, вслѣдствіе большой массы, находящейся въ движеніи.

Для того, чтобы понять общій принципъ воды для приведенія въ движеніе, объяснимъ примѣромъ. Положимъ, что въ рѣку съ быстрымъ теченіемъ опущено деревянное колесо, помѣщенное между двумя судами, стоящими на якорѣ, изъ которыхъ каждое поддерживаетъ одинъ изъ шиповъ горизонтальнаго вала, а одно вмѣстѣ съ тѣмъ заключаетъ въ себя исполнительный механизмъ, которому отъ вала передается движеніе.

Для того, чтобы вычислить работу этого колеса положимъ, что скорость движенія воды въ рѣкѣ, въ которую погружено колесо, равна 6 футамъ; скорость же середины лопатокъ—2 фут. Положимъ даже, что колесо погружено въ воду на 3 фут. и что ширина лопатокъ равна 7 фут. Слѣдовательно, площадь колеса, встрѣчающая воду, составляетъ 21 кв. футъ, а масса воды, дѣйствующая на эту площадь въ секунду будетъ

$$21 \times 6 = 126 \text{ куб. фут.}$$

Полагая вѣсъ куб. фута равнымъ 1,73 пуда получимъ:

$$126 \times 1,73 = 218 \text{ пудовъ.}$$

Затѣмъ надо принять во вниманіе, что отъ сопротивленія лопатокъ скорость воды уменьшается на $\frac{2}{3}$, т. е. будетъ равна 2 футамъ. Требуется опредѣлить величину того давленія, которое оказываютъ лопатки на воду и которое такимъ образомъ измѣняетъ скорость воды.

Такъ-какъ сила въ 1 фунтъ, дѣйствуя въ продолженіе 1 секунды сообщаетъ ее массѣ или отнимаетъ у нея скорость въ 32 фута, то для сообщенія той же самой массѣ скорости въ 4 фута (что составляетъ $\frac{1}{8}$ часть 32), потребна сила равная $\frac{1}{8}$ фунта. Слѣдовательно, для сообщенія массѣ воды въ 218 пудовъ скорости въ 4 фута нужна сила:

$$218 \times \frac{1}{8} = 27\frac{1}{4} \text{ пуд.}$$

Эта величина опредѣляетъ противодѣйствіе лопатокъ, и обратно, давленіе воды на лопатки. Давленіе это передается въ 1 секунду на 2 фута, а потому работа, которую можетъ производить колесо, равна:

$$27\frac{1}{4} \times 2 = 54\frac{1}{2} \text{ пудофутамъ.}$$

Въ дѣйствительности, работа колеса будетъ менѣе теоретической; разниа происходитъ отъ того, что скорость на всей массѣ воды, протекающей сѣченіемъ въ 21 кв. футъ, измѣняется такимъ образомъ, какъ сказано выше. Истинная величина работы колеса будетъ не болѣе $\frac{4}{5}$; поэтому работа будетъ:

$$54\frac{1}{2} \times \frac{4}{5} = 43,6 \text{ пудофутамъ,}$$

т. е. нѣсколько больше $2\frac{3}{4}$ лошади. силъ.

Если скорость колеса увеличится, напр. чрезъ уменьшеніе тѣхъ сопротивленій, которыя колесо должно преодолевать, то дѣйствіе его при этомъ уменьшается. По предъидущему находимъ, что скоростямъ лопатокъ въ 3 ф., 4 ф. и 5 футовъ соответствуютъ работы въ 52 п. ф., 43 $\frac{1}{2}$ п. п. и 27 пудофутовъ. При спокойномъ состояніи лопатокъ, а также когда ихъ скорость сдѣлается равной скорости воды, колесо не производитъ никакой работы.

Изъ этого видно, что при устройствѣ колесъ необходимо, чтобы скорость лопатокъ была близка къ половинной скорости воды. Если это правило не будетъ соблюдено, колесо произведетъ значительно меньшую работу, сравнительно съ той, которую оно произвело бы при наивыгоднѣйшемъ устройствѣ машины.

Въ приведенномъ нами расчетѣ мы не принимаемъ въ соображеніе радіусъ колеса, потому что работаетъ не колесо, а вода и слѣдовательно важны только тѣ размеры колеса, отъ которыхъ зависитъ количество работы, принимаемой колесомъ отъ воды, т. е. размеры лопатокъ, которые и введены въ вычисленіе. Но однако радіусъ колеса не можетъ быть произволенъ, что мы увидимъ изъ слѣдующаго примѣра.

Положимъ, что требуется построить колесо для приведенія въ движеніе небольшой мельницы, при условіи, что скорость воды въ рѣкѣ равна 6 футамъ, и что колесо должно производить работу въ 8 лош. силъ.

Изъ практики извѣстно, что наивыгоднѣйшая скорость середины лопатокъ составляетъ $\frac{2}{3}$ скорости воды, а потому для нашего колеса

возьмемъ скорость, равную 2,4 фута. Лопаткамъ такихъ колесъ придають высоту 1—2 $\frac{1}{2}$ фута. Для нашего колеса эту высоту или вѣрнѣе глубину, на которую погрузимъ колесо, положимъ равную 2 $\frac{1}{2}$ футамъ.

Что касается ширины лопатокъ, то положимъ, что она равна 1 футу. Тогда работа, которую можетъ произвести колесо взятыхъ нами размѣровъ будетъ:

$$\frac{1}{3} \cdot 2\frac{1}{2} \cdot 1,73 \cdot 6 \cdot \frac{6-2,4}{32} \cdot 2,4 = 5,6 \text{ пудофутовъ.}$$

Отсюда понятно, что для того, чтобы колесо производило работу въ 8 лошади. силъ т. е.

$$8 \times 15 = 120 \text{ пудофутамъ,}$$

необходимо придать колесу ширину

$$\frac{120}{5,6} = 21,45 \text{ футъ.}$$

Если радиусу колеса отъ центра его до середины лопатокъ дать размѣръ въ 4 раза большій высоты лопатокъ, т. е. равный 10 футамъ, то окружность соответствующая этому радиусу будетъ:

$$20 \cdot \frac{22}{7} = 63 \text{ фута.}$$

Окружность эта будетъ пробѣгаться по лопаткамъ колесъ въ $\frac{63}{24} = 2,6$ секундъ, или иначе говоря колесо сдѣлаетъ одинъ полный оборотъ въ 26 секундъ или въ минуту болѣе 2 оборотовъ.

Такая скорость сама по себѣ очень незначительна; если же требуется увеличить число оборотовъ, то радиусъ колеса надо уменьшить; но дѣлать радиусъ менѣе чѣмъ въ пять разъ болѣе высоты лопатки невыгодно, такъ какъ при малыхъ колесахъ лопатки будутъ сидѣть косо и незначительное число ихъ погружается въ воду.

Лопатки обыкновенно дѣлаются на разстояніи одна отъ другой равнымъ ихъ высотѣ; поэтому, для нашего колеса число ихъ будетъ 25. Для удобства распределенія ихъ по косякамъ обыкновенно берутъ ближайшее къ найденному числу, которое дѣлилось-бы безъ остатка на 4, а потому вмѣсто полученнаго числа лопатокъ 25 нужно сдѣлать только 24.

Лопатки надо устанавливать подъ угломъ 30° къ радиусу противъ теченія, въ силу чего выходъ ихъ изъ воды значительно облегчается.

Если хотятъ воспользоваться силою воды, падающей съ значительной высоты, то воду подводятъ къ колесу каналомъ съ весьма незначительнымъ паденіемъ и тутъ же заставляютъ падать внезапно на такую высоту, что отъ всего паденія остается лишь небольшая часть, необходимая для свободнаго стеканія воды по отводному каналу.

Каналь, приводящій воду, долженъ быть такъ устроенъ, чтобы онъ доставлялъ къ водяному двигателю необходимое количество воды съ возможно меньшею потерей въ паденіи и возможно краткимъ путемъ.

Чтобы выиграть въ паденіи надо придать водѣ въ каналѣ скорость, равную $\frac{2}{3}$ — $\frac{4}{5}$ фута, въ зависимости отъ того, чиста ли вода или же содержитъ въ себѣ илъ, песокъ и др. механическія примѣси, отъ которыхъ каналъ надо предохранять всеми возможными средствами.

Когда извѣстно количество воды, которое должно быть доставлено каналомъ къ водяному двигателю, то необходимо прежде всего знать можетъ-ли рѣка или ручей, изъ котораго проводится вода каналомъ доставлять это количество воды, а затѣмъ вычислить поперечное сѣченіе канала.

Положимъ, что величина эта равна 1 кв. футу, а скорость воды въ каналѣ $\frac{4}{3}$ фута; тогда количество протекающей чрезъ это сѣченіе воды

будет $\frac{5}{3}$ куб. футовъ. Слѣдовательно, если въ каналѣ должно протекать въ 1 секунду 30 куб. фут. воды, то сѣченіе его должно быть во столько разъ болѣе 1 кв. фута, во сколько 30 болѣе $\frac{4}{3}$, т. е. въ $22\frac{1}{2}$ квадрат. фута.

Что касается формы поперечнаго сѣченія, то она зависитъ отъ матеріала, изъ котораго приходится строить каналъ. При деревянныхъ и каменныхъ каналахъ стѣнки можно дѣлать вертикальными; если же каналъ будетъ вырытъ въ землѣ съ необшитыми досками стѣнками, то необходимо сдѣлать откосъ, такъ, чтобы на 1 футъ подъема приходилось, въ зависимости отъ рода грунта, 1—2 фута подошвы.

Положимъ, что нашъ каналъ будетъ имѣть каменные стѣнки; если высота его будетъ 3,4 фута, а длина вдвое болѣе, т. е. 6,7, то площадь сѣченія канала будетъ нѣсколько болѣе $22\frac{1}{2}$ кв. фута.

Относительно наклона канала, по которому вода должна течь съ требуемою скоростью въ $\frac{4}{3}$ фута, надо замѣтить слѣдующее: теченіе въ каналѣ будетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше паденіе русла, но какъ какъ вода задерживается у стѣнокъ, то тѣмъ тише она будетъ двигаться, чѣмъ болѣе будутъ стѣнки канала. Впрочемъ, стѣнки оказываютъ вліяніе тѣмъ меньше, чѣмъ больше поперечное сѣченіе, чрезъ которое протекаетъ вода. По этому вопросу было собрано много опытныхъ данныхъ, опредѣляющихъ для каждой требуемой скорости необходимую величину паденія. Для взятаго нами случая потребно паденіе въ $1\frac{1}{4}$ фута на каждые 1000 футъ длины канала.

Такимъ образомъ, если длина проводнаго канала будетъ равна 3000 фут., то полная потеря въ высотѣ выразится такъ:

$$3 \times 1\frac{1}{4} = 3\frac{3}{4} \text{ фут.}$$

Тѣ же самыя общія правила соблюдаются и при устройствѣ отводнаго для воды канала, но при этомъ надо еще принять во вниманіе то обстоятельство, что уровень воды въ ручьяхъ во время половодья и проливныхъ дождей поднимается иногда довольно замѣтно, отчего движеніе колеса можетъ затрудниться, а иногда даже совсѣмъ остановиться.

Въ подобныхъ случаяхъ, т. е. когда можно ожидать, что такія возвышенія воды будутъ происходить, надо пожертвовать частью высоты паденія для того, чтобы устранить возможныя остановки производства. Эта часть, въ такомъ случаѣ, идетъ на уклонъ отводнаго канала, который дѣлается нѣсколько болѣе вычисленнаго.

Итакъ, вода для работы водянаго двигателя доставляется ему по проводному каналу, а отработавшая спускается по отводному. Вертикальное разстояніе между уровнями воды въ этихъ каналахъ, какъ мы знаемъ, называется напоромъ; что же касается работы, какую можетъ произвести вода при переходѣ изъ верхняго канала въ нижній, то она измѣряется произведеніемъ изъ этаго напора на количество падающей воды.

Въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, силы воды и количества работы, которую долженъ давать водяной двигатель, извѣстны три главныхъ типа водяныхъ колесъ, различающихся по способу дѣйствія на нихъ воды.

1) Подливныя или пошвенныя колеса, въ которыхъ вода подводится снизу и дѣйствуетъ ударомъ на лопатки.

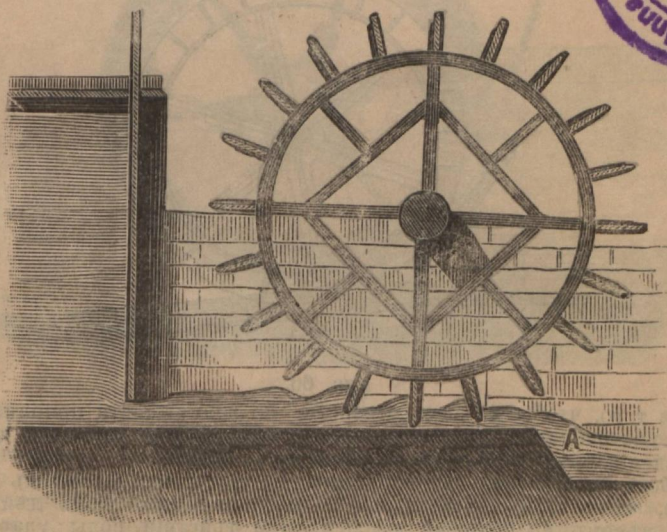
2) Наливныя колеса. Вода подводится сверху и дѣйствуетъ на колеса исключительно своимъ вѣсомъ.

3) Среднебойныя или боковыя колеса, по способу дѣйствія на нихъ притекающей воды, занимаетъ среднее мѣсто между наливными и подливными колесами.

Подливное колесо (рис. 65 и 66). Въ этомъ колесѣ вода дѣйствуетъ ударомъ на лопатки, прикрѣпленныя къ деревянному ободу колеса, который связанъ съ деревяннымъ валомъ помощью перекрещивающихся рѣчекъ, спиць или крестовинъ.

Подливное колесо изъ всѣхъ гидравлическихъ приѣмниковъ даетъ наименьшій коэффициентъ полезнаго дѣйствія, но несмотря на то этотъ двигатель довольно распространенъ во многихъ мѣстностяхъ Россіи. Это обстоятельство объясняется простотою его устройства, а также и тѣмъ, что оно дѣлается всегда изъ дерева, а потому обходится въ постройкѣ очень дешево.

При ширинѣ колеса болѣе $1\frac{1}{2}$ аршинъ для прочности дѣлаютъ два обода, а число лопатокъ, въ зависимости отъ размѣровъ колеса, 24—48. Лопатки должны имѣть высоту $6\frac{3}{4}$ —11 верш., по расчету приблизительно въ $2\frac{1}{2}$ —3 раза больше толщины слоя притекающей воды. Высота колеса дѣлается $1\frac{3}{4}$ — $3\frac{1}{4}$ саж.



✓ Рис. 65.

Вода къ колесу подводится русломъ съ прямоугольнымъ поперечнымъ сѣченіемъ и прямымъ наклоненнымъ къ горизонту подъ угломъ до 4° дномъ. Это дно и вертикальныя стѣнки русла обнимаютъ колесо такъ, что между нимъ и стѣнками, а также и дномъ русла остаются небольшіе зазоры для свободнаго движенія колеса.

Щитъ дѣлается изъ досокъ и ставится подъ угломъ 45° — 60° . Для направленія движенія щита во время его подъема и опусканія имѣются особыя направляющія стойки. Разстояніе щита отъ самой низкой точки колеса должно быть возможно меньшее и во всякомъ случаѣ не больше радіуса колеса.

Когда щитъ приподнять, то образуется отверстіе прямоугольнаго сѣченія у самаго дна русла, чрезъ которое вода вступаетъ въ русло и встрѣчая въ немъ лопатки колеса приводитъ ихъ во вращательное движеніе.

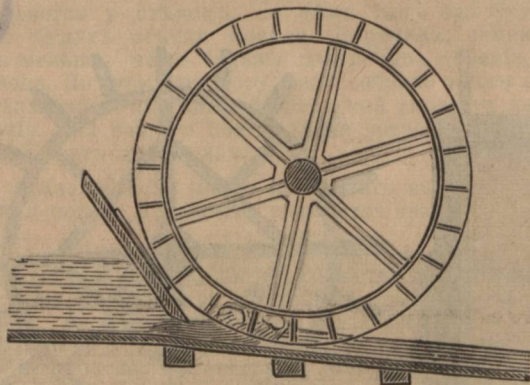
Въ хорошо устроенныхъ колесахъ часть дна русла, лежащая подъ



вертикальнымъ радиусомъ колеса, окружаетъ послѣднее концентрически на протяженіи, равномъ пространству, занимаемому тремя или четырьмя лопатками, послѣ чего дно опять представляетъ плоскость, наклонную къ горизонту подъ угломъ въ 4° на протяженіи $3\frac{1}{2}$ фут.; затѣмъ уклонъ дна русла постепенно увеличивается, пока оно не совпадетъ съ дномъ нижняго резервуара. Разстояніе между боковыми стѣнками этой послѣдней части русла постепенно увеличивается.

Тамъ, гдѣ представляется возможнымъ употребленіе не длиннаго скругленнаго русла, считается весьма удобнымъ и должно быть предпочитаемо прямому руслу, къ которому только касается колесо. При скругленномъ руслѣ вода дѣйствуетъ также и своимъ вѣсомъ, чего не достигается въ прямыхъ руслахъ.

Чтобы увеличить объемъ воды, помѣщающейся между двумя смежными лопатками (перьями) колеса, ящикамъ, образуемымъ русломъ и лопатками, придаютъ глубины $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ фута.



✓ Рис. 66.

Для того, чтобы щитовое отверстіе по возможности приблизить къ колесу, употребляютъ наклонный щитъ, нижнее ребро котораго для предупрежденія сжатія струи на ло закруглить.

Работа подливныхъ колесъ даже съ круглымъ желобомъ вообще меньше, чѣмъ полуналивныхъ, ибо въ послѣднихъ вода дѣйствуетъ своимъ вѣсомъ на большой высотѣ. При дѣйствіи воды ударомъ теряется не менѣ половины полезной работы, соответствующей своему паденію, тогда какъ при дѣйствіи воды вѣсомъ потеря работы отъ утеканія воды въ зазоръ между колесомъ и дномъ и боками русла составляетъ только $\frac{1}{4}$ полезной работы.

Колеса съ прямымъ русломъ можно устраивать при небольшихъ напорахъ, не превышающихъ $\frac{1}{2}$ саж.

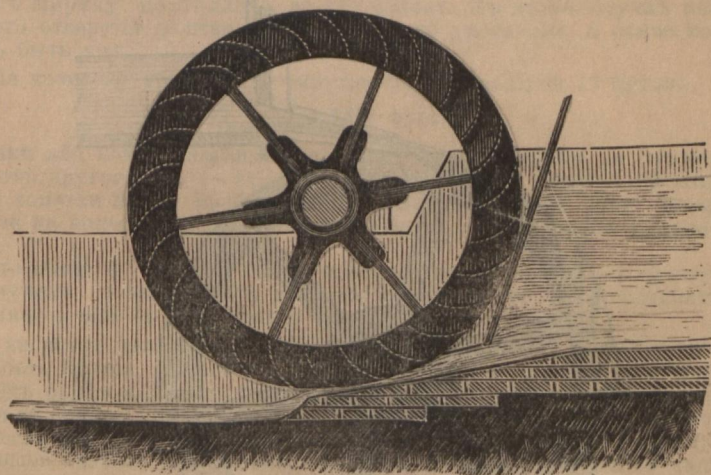
Колесо Понселе (рис. 67) отличается отъ только что описаннаго нами подливнаго колеса только тѣмъ, что имѣетъ не плоскія, а кривыя лопатки. Этимъ устройствомъ почти совершенно устраняется ударъ при вступленіи воды въ колесо и значительно уменьшается скорость, съ которой вода, произведя работу, утекаетъ въ отводное русло.

Радиусъ колеса долженъ быть въ два раза болѣе напора. Высота лопатки дѣлается при большемъ напорѣ воды въ $\frac{1}{4}$ напора, а при меньшихъ $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{2}$, при чемъ за радиусъ кривизны лопатокъ берутъ 0,7 высоты напора; самыя же лопатки располагаются на разстояніи 4—5 верш.

одна отъ другой. Подъемъ щита при малыхъ напорахъ $2\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ верш., а при болѣе значительныхъ— $2\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ верш.

Скорость движенія колеса Понселе равна 0,55 скорости теченія воды.

Наливное колесо (рис. 68) подобно подливнымъ состоитъ изъ вала, спиць или ручекъ (двухъ и даже трехъ) и лопатокъ. Кромѣ этихъ частей колесо имѣетъ еще опалубку или кожухъ—въ видѣ цилиндрическаго барабана, радиусъ котораго равенъ радиусу внутренней наружности колеса. Промежутокъ, заключающійся между двумя смежными лопатками, ободьями и кожухомъ, представляетъ собой особаго рода вмѣстилище, наз. ковшемъ. Кожухъ служитъ дномъ, а лопатки и ободья—боковыми стѣнками.



✓ Рис. 67.

Надъ колесомъ помѣщается ларь, въ боковой стѣнкѣ котораго дѣлается отверстіе, снабженное короткимъ русломъ, выходящимъ наружу. По этому руслу вода изъ ларя стекаетъ на колесо и попадаетъ въ ковшъ. Для регулированія выпускаемой воды служатъ щитъ, которымъ можно увеличить или уменьшить величину отверстія, чрезъ которое вода выпускается изъ ларя на колесо.

Во время вращенія колеса ковши, наполненные водою, дѣйствуя своимъ вѣсомъ, мало по малу понижаются и наконецъ опрокидываются въ нижней части колеса, причемъ вода выливается изъ ковшей въ отводное русло.

Положимъ, что требуется при паденіи въ 20 футовъ устроить колесо въ 30 лошади. силъ.

Изъ практики извѣстно, что хорошо устроенное колесо можетъ дать не болѣе 70% всей силы воды, т. е. ея расхода, умноженнаго на паденія. Слѣдовательно, чтобы колесо произвело работу въ 30 лошадиныхъ силъ, надо, чтобы абсолютная сила воды была равна

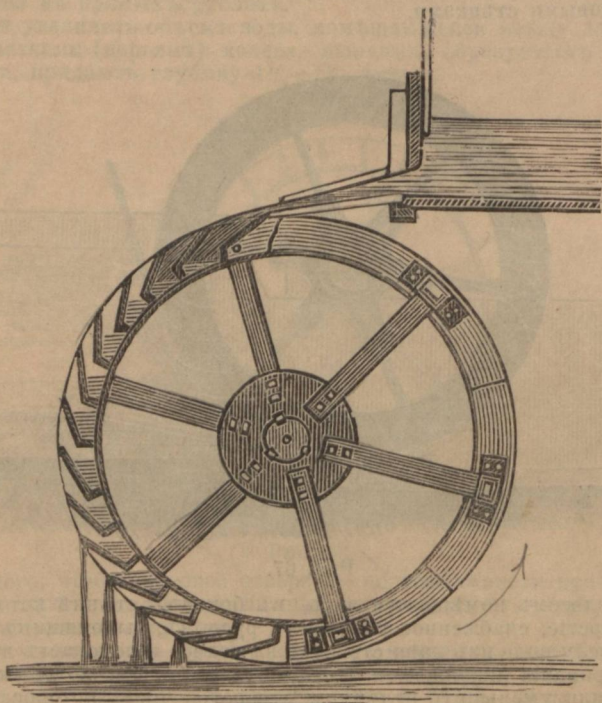
$$\frac{100}{70} \cdot 30 = 43 \text{ лощ. силамъ, или}$$

$$43 \cdot 15 = 645 \text{ пудофутовъ въ секунду.}$$

Если падаетъ 1 куб. футъ воды, равный по вѣсу 1,73 пуд. съ высоты 20 фут., то работа, происходящая при этомъ, будетъ 34,6 пудофут. Следовательно, для произведенія работы въ 645 пудофутъ потребно, чтобы падало въ одну секунду:

$\frac{645}{34,5}$ куб. фут. воды, что составляетъ приблизительно около 19 куб. фут-

Положимъ, что закладной брусъ щита лежитъ на глубинѣ $2\frac{1}{2}$ футовъ подъ водою при средней ея высотѣ, и что самый щитъ поднять на высоту 3,6 дюймовъ (0,3 фут.). Спрашивается, какъ велика должна быть ширина щита, чтобы въ одну секунду на колесо падало 19 куб. фут. воды.



✓ Рис. 68.

Вода стоитъ надъ центромъ выпускнаго отверстія на высотѣ 2,35 фут., а потому ей сообщается скорость, равная 12,24 футамъ. При такой скорости должно притекать въ одну секунду, чрезъ отверстіе въ 1 кв. фут. 12,24 куб. фут. воды; но такъ какъ струя воды неминуемо сжимается до 0,7 поперечнаго сѣченія, то въ дѣйствительности будетъ вытекать

$$0,70 \cdot 12,24 = 8,57 \text{ куб. фут.}$$

Для потребнаго количества воды 19 куб. фут. величина отверстія должна быть равна

$$\frac{19}{8,57} = 22,1 \text{ кв. фут.}$$

Такъ какъ высота его равняется 0.3 фута, то ширина должна быть 7.4 фута.

Длина желоба около 5 футъ съ наклономъ не болѣе $\frac{1}{12}$ его длины.

Для высоты самаго колеса по отчисленіи $2\frac{1}{2}$ на напоръ надъ щитомъ, $\frac{5}{12}$ фута или 5 дюймовъ на паденіе ларя и 1 дюймъ на толщину дна желоба остается еще 17 футовъ, такой величины слѣдуетъ сдѣлать диаметръ колеса для возможно меньшей потери въ паденіи.

Разстояніе между вѣнцами колеса дѣлается болѣе ширины щита; вѣнцая ширина для взятаго нами случая можетъ быть взята равною $8\frac{1}{4}$ футамъ. Ширину вѣнцовъ (глубину колеса) рѣдко дѣлаютъ болѣе 1 фута, чтобы заставить воду дѣйствовать на возможно большемъ разстояніи отъ оси колеса, слѣдовательно, чтобы по возможности сохранить паденіе, на которомъ вода дѣйствуетъ своимъ вѣсомъ. Только при очень сильныхъ колесахъ съ большими разстояніями между вѣнцами, дѣлаютъ ширину послѣднихъ до $1\frac{1}{2}$ футовъ. Въ этомъ случаѣ высота щитового отверстія должна быть нѣсколько увеличена, а самое колесо можетъ быть уже.

Наше колесо будетъ имѣть окружность при радіусѣ 17 футовъ.

$$17 \cdot \frac{22}{7} = 53\frac{3}{7} \text{ футовъ.}$$

Ящики или ковши помѣщаются на окружности колеса на разстояніи одинъ отъ другого отъ $1-1\frac{1}{2}$ футовъ; ихъ будетъ числомъ 53 или 35. Частыя лопатки много разбрызгиваютъ воды, но за то долго задерживаютъ ее на колесѣ, тогда какъ при рѣдкихъ ковшахъ вода выливается быстро.

Число лопатокъ берется такое, которое дѣлилось бы безъ остатка на число ручекъ колеса. При 8 ручкахъ число ковшей надо поставить 40 деревянныхъ или 48 желѣзныхъ.

Что касается расположенія ковшей, то это дѣлается такъ: вѣншую окружность колеса дѣлятъ на число лопатокъ и чрезъ точки дѣленія проводятъ радіусы. Затѣмъ между двумя ограничивающими вѣнцы окружностями въ равныхъ отъ каждой изъ нихъ разстояніяхъ проводятъ вторую окружность и опредѣляютъ положеніе и величину задней лопатки, составляющей собою дно ковша. Вѣншая и передняя лопатки направляются къ точкѣ пересѣченія наружнаго круга съ радіусомъ внутренняго круга. Ковши колеса, построеннаго по этому правилу, свободно пропускаютъ воду и долго ее задерживаютъ въ нихъ.

При металлическихъ колесахъ необходимо закруглить уголь, образуемый лопатками.

Чѣмъ болѣе скорость колеса, тѣмъ меньшую часть своей скорости, пріобрѣтенной отъ напора за щитомъ, передаетъ вода колесу, слѣдовательно тѣмъ меньшая часть ея живой силы употребляется въ дѣло, а потому принято за правило, дѣлать ходъ наливнаго колеса по возможности медленнымъ, чтобы уменьшить центробѣжную силу и тѣмъ предупредить разбрызгиваніе воды.

При деревянныхъ колесахъ скорость по окружности нельзя допустить менѣе 4 фут., такъ какъ иначе пришлось бы сдѣлать колесо слишкомъ широкимъ и кромѣ того потому, что деревянные колеса всегда имѣютъ неравномерно распределенный вѣсъ, который при медленномъ вращеніи колеса производитъ весьма ощутительную неравномерность хода двигателя.

Если колесу сообщить скорость по окружности въ 5 фут. то вся окружность въ $53\frac{3}{7}$ фута будетъ пробѣгаться колесомъ почти въ 11 секундъ, т. е. колесо сдѣлаетъ полный оборотъ въ 11 секундъ или 5 оборотовъ рѣ минуту.

Потребность большого числа оборотовъ бываетъ часто основаніемъ, по которому жертвуютъ частью работы колеса для увеличенія его скорости.

Если колесо будетъ вращаться со скоростью въ 5 фут. то въ это время подъ желобъ будетъ подходить пространство, занятое ящиками въ $5 \times 8,2 \times 1 = 41,1$ куб. футовъ; въ это же время изъ ларя падаетъ только 19 куб. футовъ воды, слѣдовательно ящики будутъ наполняться только до половины водою. Это не дурно, но еще будетъ лучше, если высоту ободовъ (вѣнцовъ) мы увеличимъ на одинъ дюймъ. Если бы ящики наполнялись до $\frac{2}{3}$ своего объема, что происходило бы при скорости колеса въ $3\frac{3}{4}$ фута, то работа колеса была бы значительно менѣе и для увеличенія ея пришлось бы вмѣстимость ящиковъ увеличить или черезъ увеличеніе ширины вѣнцовъ, или шарпына самага колеса.

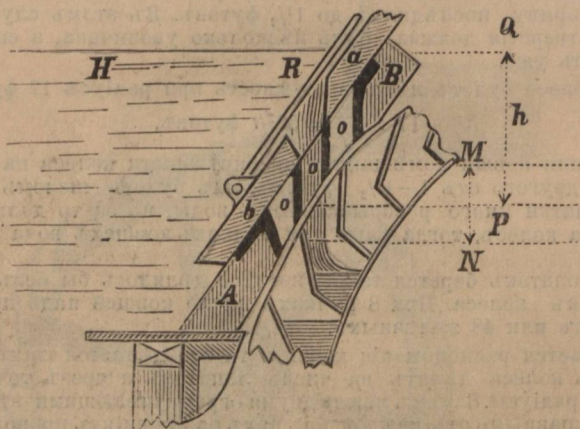


Рис. 69.

Средне-наливное колесо отличается отъ предыдущаго только по способу подведенія къ нему воды, отъ чего работа колеса не будетъ зависеть отъ измѣненія уровня воды въ ларѣ, непосредственно вліяющаго на дѣйствіе верхне-наливныхъ колесъ. При послѣднихъ уровень воды въ ларѣ можетъ подвергаться только незначительнымъ измѣненіямъ, а потому ихъ можно устанавливать только тамъ, гдѣ уровень воды измѣняется очень мало, въ другихъ же случаяхъ верхне-наливные колеса замѣняютъ средне-наливными, въ которыхъ вода подводится при нормальномъ или среднемъ уровнѣ между горизонтальнымъ и верхнимъ вертикальнымъ радіусами, нѣсколько ближе къ послѣднему; при измѣненіи уровня мѣняется и точка вступленія воды, приближаясь къ вертикальному радіусу при повышеніи уровня и, наоборотъ, удаляясь отъ него при пониженіи.

Въ стѣнкѣ ларя АВ (рис. 69) устроено нѣсколько отверстій о, обыкновенно 3—5; наружная поверхность этой стѣнки окружаетъ концентрическое колесо, а внутренняя дѣлается плоской и по ней двигаются два щита а и в, которыми можно закрывать все отверстія кромѣ одного, которое выбъ раютъ сообразно съ уровнемъ воды въ ларѣ. Вертикальное разстояніе MN между крайними отверстіями выбираютъ такъ, чтобы оно равнялось разности между высшимъ и низшимъ уровнями воды въ ларѣ, а высота h открываемаго отверстія дѣлается равной напору, соотвѣтственно скорости колеса.

Боковое или среднебойное колесо (рис. 70). Вода въ этихъ колесахъ вступаетъ немного ниже середины ихъ высоты. Такія колеса устраиваются въ томъ случаѣ, когда необходимо соблюсти возможную бережливость въ силѣ воды. Особенность этого колеса состоитъ въ томъ, что отъ мѣста вступленія въ него воды до нижняго вертикальнаго радіуса устанавливается кривой желобъ, препятствующій выливаться водѣ изъ колеса.

Вода впускается въ колесо выше или ниже его оси; въ первомъ случаѣ лопатки колеса дѣлаютъ такой же формы, какъ и у наливного колеса, если же вода впускается наравнѣ съ осью или ниже, то лопат-

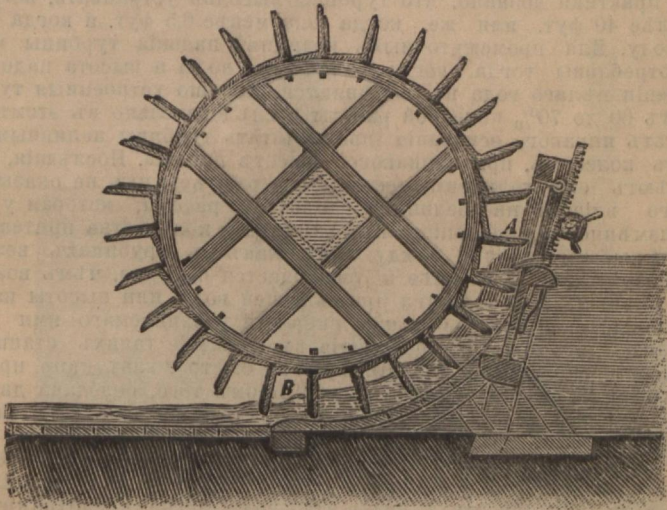


Рис. 70.

ки дѣлаютъ обыкновенно плоскими. Зазоръ между русломъ и колесомъ долженъ быть возможно меньше, чтобы оно лучше удовлетворяло своему назначенію.

Число лопатокъ или ковшей опредѣляютъ такъ же, какъ и у наливного колеса, хотя полезно дѣлать ихъ нѣсколько больше. Имъ придаютъ высоту около $\frac{1}{2}$ аршина.

Вода въ этихъ колесахъ дѣйствуетъ ударомъ и давленіемъ, причѣмъ надо стараться строить колеса такъ, чтобы возможно больше преобладало второе дѣйствіе.

Турбины.

Турбины составляютъ особый видъ водяныхъ колесъ, главное отличіе которыхъ состоитъ въ слѣдующемъ:

1) Турбины большею частью вращаются въ горизонтальной плоскости и слѣдовательно насаживаются на вертикальный валъ.

2) Дѣйствіе воды въ этихъ двигателяхъ не сосредоточивается на одну точку, но одновременно на всю окружность колеса.

3) Вода вступаетъ въ колесо со скоростью, пропорціональною высотѣ паденія и дѣйствуетъ ударомъ, давленіемъ и центробѣжною силою.

Вслѣдствіе только тѣхъ указанныхъ причинъ діаметръ турбинъ будетъ значительно меньше, чѣмъ водяного колеса и притомъ невѣтъ ущерба движущей силы. Кромѣ того, турбины могутъ быть устроены при всякой высотѣ паденія, и въ особенности турбины выгодны при большихъ паденіяхъ, когда устройство верхненаливного колеса сопряжено съ большими затрудненіями; или же при малыхъ паденіяхъ, когда, по временамъ, происходитъ повышение уровня воды въ отводномъ каналѣ, останавливающее дѣйствіе водяного колеса, между тѣмъ какъ турбина при этихъ условіяхъ будетъ работать одинаково хорошо.

При установкѣ турбинъ надо назначить дно отводнаго канала по самому низшему уровню стоянія воды для того, чтобы во всякое время можно было пользоваться всей высотой паденія.

Изъ практики дозано, что турбины выгодно устраивать, когда паденіе болѣе 40 фут. или же, когда оно менѣе 6,5 фут. и когда нужно беречь воду. Для промежуточныхъ величинъ паденія турбины могутъ быть устроены тогда, когда количество воды и высота паденія въ продолженіи цѣлаго года не измѣняются. Хорошо устроенныя турбины даютъ отъ 60 до 70% полезной работы и слѣдовательно въ этомъ отношеніи нѣтъ никакого основанія предпочитать турбины наливнымъ или боковымъ колесамъ, при одинаковой высотѣ паденія. Послѣднія, кромѣ того, имѣютъ еще то преимущество, что размѣры ихъ не оказываютъ замѣтнаго вліянія на величину полезной работы, которая у этихъ колесъ измѣняется пропорціонально измѣненію количества притекающей воды или высоты паденія, между тѣмъ какъ въ турбинахъ величина работы возрастаетъ медленнѣе и уменьшается быстрѣе, чѣмъ возрастаніе или уменьшеніе количества притекающей воды или высоты паденія.

Турбины, по причинѣ большой скорости развиваемаго ими движенія, вполне пригодны для приведенія въ движеніе такихъ станковъ и машинъ, которые должны двигаться очень быстро, какъ напр. прядильныхъ, ткацкихъ, лѣсопильныхъ и проч. Кромѣ того, передача движенія отъ двигателя къ исполнительному механизму здѣсь производится много удобнѣе, чѣмъ при другого рода водяныхъ двигателяхъ. Если прибавить къ этому, что турбины вообще занимаютъ мало мѣста и что этотъ родъ двигателей можно установить у самой нижней точки паденія воды, а также и то, что при этихъ условіяхъ воду легче предохранить отъ замерзанія, то преимущество турбинъ передъ водяными колесами становится вполне очевиднымъ.

При установкѣ турбинъ необходимо соблюсти слѣдующія общія правила:

1) Уровень воды верхняго канала долженъ имѣть по возможности спокойную горизонтальную поверхность, для чего необходимо, чтобы приводный каналъ находился непосредственно надъ турбиной и былъ достаточно широкъ.

2) Движущееся колесо турбины слѣдуетъ помѣщать на такую глубину, чтобы при самомъ маломъ уровнѣ воды оно было погружено подводяюне менѣе какъ на 3—4 фута; при меньшей глубинѣ образуется надъ турбиной воронкообразное углубленіе, уменьшающее давленіе воды на лопатки и производящее вредное вторженіе воздуха въ турбину.

3) Ширина отводнаго канала должна быть достаточною для своевременнаго вытеканія воды изъ подъ колеса.

4) Лопатки колеса должны представлять хорошо изогнутую непрерывающуюся гладкую поверхность для того, чтобы вода скользила по нимъ безъ толчковъ и съ возможно малымъ треніемъ.

5) Промежутокъ, отдѣляющій лопатки движущагося колеса отъ лопатокъ направляющаго, т. е. подвижныя части турбины отъ неподвижныхъ, долженъ быть достаточный для того, чтобы эти части не задр-

вали другъ друга. Для уменьшенія этого промежутка надо гладко обточить всё соприкасающіяся поверхности.

б) Смазка всёхъ трущихся частей должна быть достаточно обильна. Къ подшипнику вертикальнаго вала должно непрерывно притекать известное количество масла, необходимое для уменьшенія тренія и скорого изнашиванія мѣдныхъ вкладышей, въ которыхъ ходитъ шпиль вала.

Подобно водянымъ колесамъ, турбинъ существуетъ нѣсколько системъ, отличающихся направлениемъ дѣйствія воды и распространениемъ этого дѣйствія на всю окружность колеса или же только къ нѣсколькимъ лопаткамъ. Кроме того, по высотѣ напора турбины раздѣляются на турбины высокаго и низкаго давленія.

Турбины Фурнейрона (рис. 71 и 72) принадлежатъ къ числу полныхъ радиальныхъ турбинъ. На вертикальномъ валѣ F находящемся внутри трубы,

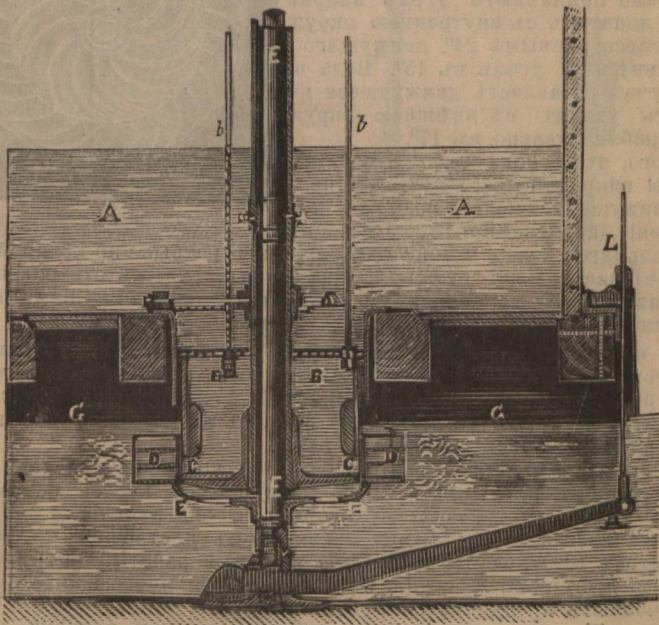


Рис. 71.

которая поддерживается неподвижно на балкахъ, надѣтъ внизу поддонъ или тарелка EE турбины, по краямъ которой укрѣплены кривыя лопатки DD, связанныя между собою повисотъ нѣсколькими кольцами. Къ нижнему концу трубы придрѣланъ дискъ CC, также снабженный кривыми лопатками B, но кривизна которыхъ обращена въ другую сторону, противоположеную кривизнѣ лопатокъ D турбины. Дискъ этотъ вмѣстѣ съ лопатками служитъ направляющимъ колесомъ турбины.

Турбина приводится въ движеніе такъ: вода изъ лая A поступаетъ по трубѣ ВВ къ направляющему колесу и изъ него въ турбину DD, которая при этомъ получаетъ вращательное движеніе по направлению показанному стрѣлкой. Притокъ воды регулируется кольцеобразнымъ щитомъ ВВ, плотно пригнаннымъ къ отверстию въ днѣ лая и подвѣ-

шеннымъ на тягахъ *bb*. Помощью этихъ тягъ щитокъ, по мѣрѣ надобности, можно поднимать или опускать. Внутри щитка къ нему приделаны закругленные деревянные бруски, проходящіе между лопатками направляющаго колеса и предназначенные для направленія воды по каналамъ послѣдняго.

Подниманіе и опусканіе подпятника вала *F* производится помощью рычага *L*.

Скорость воды, протекающей чрезъ колоесо, а также величина площади сѣченія каналовъ направляющаго и движущаго колеса, зависитъ главнымъ образомъ отъ угла, составляемыхъ лопатками съ двумя окружностями движущаго колеса. Обыкновенно принимаютъ уголъ направляющихъ лопатокъ съ внутреннею окружностью колеса равнымъ 24° , движущаго — 66° и внѣшній уголъ въ 15° . Вода въ этомъ случаѣ оставляетъ движущееся колоесо подъ угломъ съ внѣшнею окружностью приблизительно въ 17° .

Для того, чтобы вода свободно входила въ каналы направляющаго колеса и передавала движущемуся колесу возможно полное давленіе, необходимо, чтобы площадь горизонтальнаго сѣченія кольцеобразнаго затвора была по крайней мѣрѣ въ четыре раза больше суммы площадей выпускныхъ отверстій.

Направляющему колесу даютъ, въ зависимости отъ диаметра его, 12—24 лопатокъ, а движущемуся въ $1\frac{1}{2}$ раза болѣе.

Если количество воды чрезвычайно измѣнчиво, то устраниваютъ между лопатками движущаго колеса горизонтальныя перегородки (вѣнцы), раздѣляющія высоту колеса на 2, 3, 4 части; опускаемая кольцеобразный затворъ, можно по произволу закрыть желаемое число перегородокъ при уменьшеніи количества воды.

Турбина Фурнейрона даетъ наибольшее полезное дѣйствіе, когда скорость на внутренней окружности движущаго колеса составляетъ не менѣе 60% скорости, соответствующей высотѣ паденія.

Турбина Жонваля (рис. 73) при правильномъ построеніи и достаточномъ притокѣ воды, даетъ около 70% полезной работы. Она также хороша, какъ и Фурнейроновская, но установка ея много проще, а потому ее употребляютъ предпочтительнѣе послѣдней.

Турбина Жонваля можетъ быть установлена при всякомъ паденіи и на произвольномъ разстояніи отъ уровня низовой воды. Кромѣ того, вода, проходя чрезъ глубину, сохраняетъ свое первоначальное направленіе во все время работы двигателя и вытекаетъ снизу, а не сбоку, отчего вода вступаетъ съ большою скоростью, а потому турбина можетъ быть меньшаго размѣра, чѣмъ Фурнейрона.

Устройство турбины слѣдующее: къ нижнему концу вертикальнаго вала *EF* прикрѣплено колоесо *CC*, установленное съ весьма малымъ зазоромъ въ желѣзной трубѣ. Надъ этимъ колесомъ, въ конической части трубы, ставится неподвижное колоесо *BB*, которое служитъ для направленія движенія воды, вступающей въ турбину. Оба колеса снабжены кривыми лопатками съ винтообразно-изогнутыми поверхностями.

Такимъ образомъ въ колесахъ образуются кривыя каналы, съ противоположной кривизной, подобно тому, какъ въ вышеописанной турбинѣ Фурнейрона. Вода изъ ларя *AA* проходитъ между лопатками направляющаго колеса, затѣмъ входитъ въ турбину и, произведя давленіе на ло-



Рис. 72.

В. Кошарин
Жонваля
Кол. 17

патки колеса *СС*, приводитъ его въ движеніе. Регулированіе впуска и выпуска воды производится площадью щита *Н*.

Въ описываемой турбинѣ, какъ это понятно изъ ея устройства, вода дѣйствуетъ напоромъ сверху и всасываніемъ въ резервуаръ подѣ турбиной, куда вода выходитъ изъ послѣдней съ малою скоростью.

Если по какой либо причинѣ притокъ воды изъ резервуара *АА* уменьшится, то произойдетъ разряженіе водяного столба, вслѣдствіе чего неминуемо усилится всасывающее дѣйствіе, уравновѣшивающее ослабленіе напора. Такимъ образомъ за напоръ воды въ этой турбинѣ, слѣдуетъ принимать уровень воды въ ларѣ *АА* до уровня *ZZ* низовой воды.

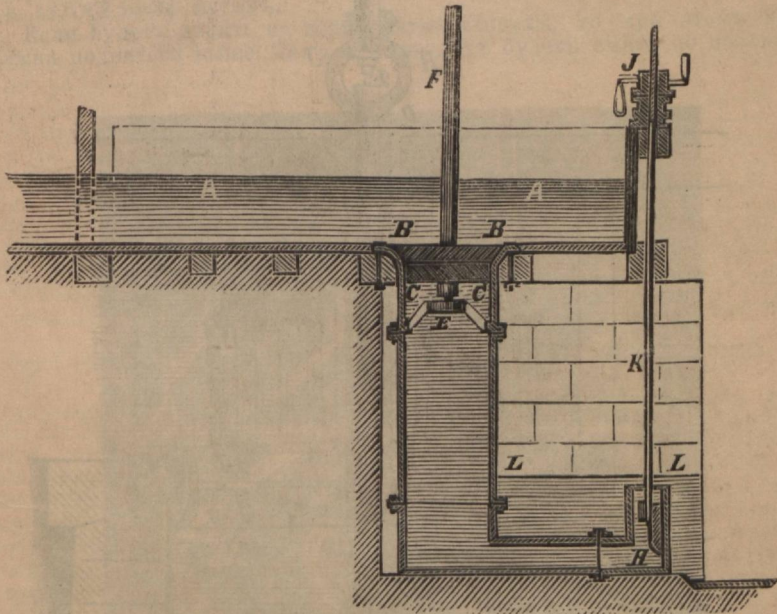


Рис. 73.

Турбина Жирара (рис. 74 и 75) подобно турбинѣ Жонвала, принадлежитъ къ числу осевыхъ турбинъ. Дѣйствіе воды въ ней представляетъ ту особенность, что вода не наполняетъ совершенно каналовъ колеса. Вода входитъ изъ направляющаго колеса со скоростью, соответствующую высотѣ напора, и съ этою скоростью стекаетъ по вогнутой сторонѣ лопатокъ турбины, не прикасаясь къ другимъ стѣнкамъ турбины. Слѣдовательно, вода производитъ только полезное дѣйствіе на вогнутыя поверхности лопатокъ, къ ободьямъ же они прилегаютъ свободно, такъ какъ каналы турбины расширяются книзу.

Въ виду такого несовершеннаго наполненія каналовъ *), турбина работаетъ только надъ низовой водой и тогда она доставляетъ 75—80% полезной работы.

*) Д. Головъ. Двигатели малой силы.

Устройство турбины слѣдующее: АА—направляющее колесо, ВВ—колесо турбины съ тарелкою С, насаженное на пустотѣлый валъ D, внутри котораго проходитъ неподвижный направляющій стержень EF. При посредствѣ головки HJ, валъ D соединяется съ валомъ Z, который шипомъ g опирается на стержень EF; въ этой головкѣ сдѣлано приспособленіе для подниманія и опусканія турбины.

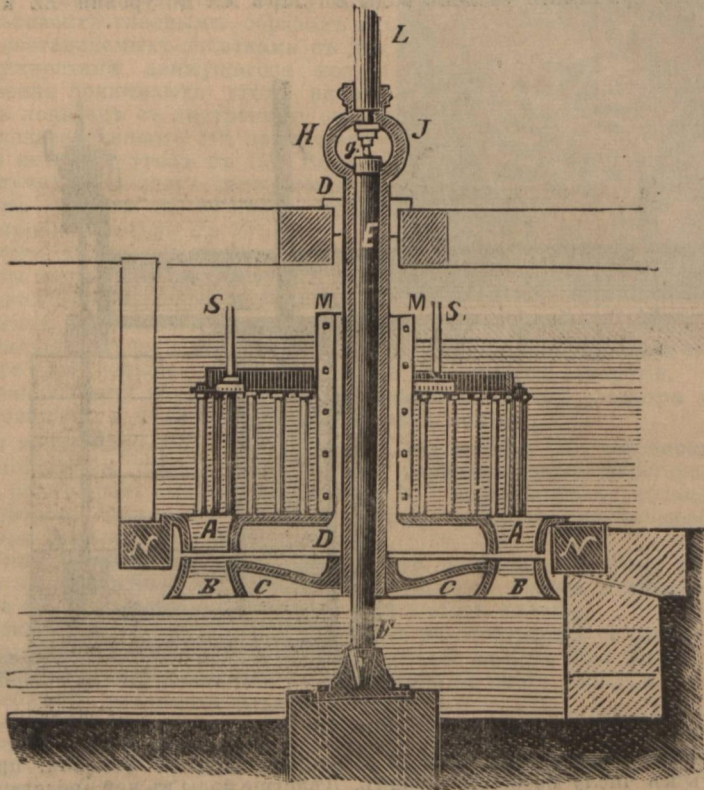


Рис. 74.

Кожухъ MM служитъ для прегражденія доступа воды во внутреннюю часть колеса. Въ каналы направляющаго колеса входятъ шипы O съ закругленными деревянными задвижками для регулированія притока воды. Эту систему задвижекъ можно поднимать и опускать посредствомъ тягъ SS.

Существуетъ болѣе 30 турбинъ различной конструкции обыкновенно называемыхъ по имени ихъ изобрѣтателей. Всѣ части ихъ дѣлаются металлическими и требуютъ тщательной отдѣлки въ механическихъ мастерскихъ.

Насосы.

Дѣйствіе насосовъ, т. е. перекачиваніе и подъемъ воды изъ водохранилища къ мѣсту ея потребленія, основано на упругости воздуха и живой силѣ. Если въ трубкѣ, однимъ концомъ погруженной въ воду, мы какимъ либо способомъ уничтожимъ давленіе воздуха сверху, то вода вслѣдствіе давленія на нее наружнаго воздуха поднимется въ этой трубкѣ и при томъ до такой высоты, при которой столбъ ея будетъ уравновѣшивать атмосферное давленіе.

Давленіе одной атмосферы равно давленію столба ртути высотой въ 30 дюймовъ, или 2, 5 фут. Такъ какъ вода въ 13,6 разъ легче ртути, то отъ такого давленія вода должна подняться на высоту въ 13,6 разъ большую, т. е. $13,6 \times 2,5 = 34$ футамъ.

Если будетъ давить на воду сжатый воздухъ, то при этомъ вода должна подняться выше. Такъ если воздухъ будетъ сжатъ до половины

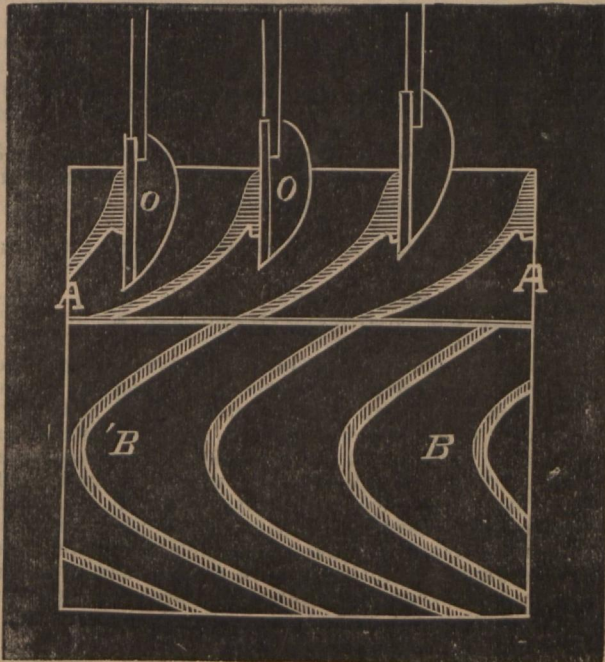


Рис. 75.

его первоначального объема, то онъ будетъ давить точно такъ, какъ бы давили двѣ атмосферы, а слѣдовательно поднимаетъ воду на высоту $2 \times 34 = 68$ фут.; при трехъ атмосферахъ вода будетъ подниматься на высоту $3 \times 34 = 102$ фут. и т. д.

Насосы бываютъ одиночнаго и двойнаго дѣйствія, въ зависимости отъ того, доставляютъ ли они воду на одномъ изъ ходовъ поршня или же на всемъ размахѣ поршня.

По роду дѣйствія насосы раздѣляются на всасывающіе и давящіе или нагнетательныя. У первыхъ поршень имѣетъ отверстіе съ клапаномъ, посредствомъ котораго вода изъ цилиндра переходитъ въ выходящую трубку; у нагнетательныхъ же насосовъ поршень не имѣетъ отверстія; онъ всасываетъ воду изъ пріемной трубки и гонитъ чрезъ боковое отверстіе изъ цилиндра въ восходящую трубку. При этомъ клапанъ находящійся во всасывающей трубкѣ, наз. всасывающимъ клапаномъ, а въ нагнетательной — нагнетательнымъ клапаномъ.

Количество воды, доставляемое въ 1 секунду насосомъ двойного дѣйствія теоретически равно объему, пробѣгаемому поршнемъ въ 1 секунду и слѣдовательно получается чрезъ умноженіе площади поршня на скорость его, но, такъ какъ даже при хорошо изготовленныхъ клапанахъ и оправахъ поршней неминуемо терется часть поднимаемой воды, вслѣдствіе просасыванія чрезъ поршень и клапаны, то дѣйствительное количество поднимаемой насосомъ воды будетъ всегда меньше теоретическаго и выражается такъ:

Въ хорошо устроенномъ насосѣ	90 ⁰ / ₀
Въ менѣе хорошемъ	85 ⁰ / ₀
Въ посредственномъ	80 ⁰ / ₀

Насосы простого дѣйствія при одинаковомъ діаметрѣ и той же скорости поршня доставляютъ воды вдвое менѣе сравнительно съ насосами двойного дѣйствія.

Положимъ, что требуется опредѣлить, количество воды доставляемое хорошимъ насосомъ двойного дѣйствія при діаметрѣ стакана (поршневого цилиндра)=4,7 дюйма и скорости поршня=1 ф.

$$\text{Площадь поршня } \left(\frac{4,7}{12}\right)^2 \times \frac{3,14}{4} = 0,12 \text{ кв. футъ. Объемъ, описанный поршнемъ въ 1 секунду } 0,12 \times 1 = 0,12 \text{ к. ф., а дѣйствительное количество доставляемой воды } 0,85 \times 12 = 0,10 \text{ куб. ф.}$$

Поршень долженъ двигаться возможно медленнѣе для того, чтобы движеніе воды чрезъ отверстія клапановъ, искривленія и проч. не причинило бы большой потери въ живой силѣ. Если клапаны и оправа поршня придѣланы не плотно, то поршень долженъ двигаться быстрѣе чтобы не терялось много воды. Скорость поршня въ хорошемъ насосѣ можно допустить отъ 0,6 до 0,9 футъ; въ менѣе хорошемъ 0,9—1,6 футъ.

Площадь поршня для насоса двойного дѣйствія опредѣлится, если объемъ, описываемый поршнемъ въ 1 секунду, раздѣлить на скорость поршня, но въ виду предполагаемой потери, воды необходимо принять во вниманіе коэффициентъ потерь к. Если объемъ воды, который долженъ быть доставленъ въ секунду, означимъ чрезъ q; среднюю скорость поршня чрезъ V и діаметръ цилиндра чрезъ D, то получимъ для насоса

$$\text{двойного дѣйствія } D = \sqrt{\frac{4q}{k \cdot \pi \cdot V}}, \text{ а для насоса простого дѣйствія}$$

$$D = 0,41 \sqrt{\frac{4q}{k \cdot \pi \cdot V}}$$

Для насосовъ хорошо устроенныхъ приблизительно берутъ k=1,1, менѣе хорошихъ 1,5 и обыкновенныхъ 1,20.

Что касается длины хода поршня, то въ виду частыхъ открываній клапановъ и происходящихъ отъ этого ударовъ воды, сопряженныхъ съ

Если диаметр цилиндра 22 дюйма, диаметр пистона 20 дюймов и грузъ, поднимаемый прессомъ 2832840 фунтовъ, то площадь пистона = 314,16 кв. дюймовъ и слѣдовательно давленіе на кв. дюймъ = $\frac{2832840}{314,16} = 9017$ фунтовъ. Отсюда толщина стѣнокъ гидравлическаго пресса будетъ : $\frac{9017 \times 22}{3200} = 6,2$ дюймовъ.

Пожарныя трубы.

Пожарныя трубы состоятъ изъ двухъ нагнетательныхъ насосовъ простаго дѣйствія, поршни которыхъ движутся въ одно и тоже время въ противоположныя стороны.

Что касается размѣровъ насосовъ и ихъ дѣйствія, то это зависитъ отъ высоты подъема и количества воды, которое должно быть поднято на требуемую высоту.

Большая пожарная труба должна выбрасывать струю воды на высоту 90—100 футовъ, меньшая—до 65 футовъ.

На большой пожарной трубѣ работаютъ обыкновенно 18—25 чело-вѣкъ, на малой 8—12, правильно смѣняющіеся чрезъ короткій проме-жутокъ времени.

Такъ какъ скорость движенія конца рычага вверхъ и внизъ бываетъ 4,9—5,9 футъ, то человекъ давить на него съ силою 32,5 до 39 фунтовъ.

Если N означаетъ число людей, работающихъ на пожарной трубѣ, то работа ихъ въ 1 секунду будетъ: $192 N = 1,3. P H$, слѣдовательно

$$N = \frac{P H}{192} \text{ и } P = \frac{147,7 N}{H}$$

Въ рычагѣ пожарной трубы плечо силы въ 5 разъ длиннѣе плеча насоса; слѣдовательно поршень движенія въ 5 разъ медленнѣе точки положенія силы, такъ что скорость поршня будетъ 0,98—1,18 футъ.

При опредѣленіи диаметра цилиндровъ вмѣсто двухъ насосовъ простаго дѣйствія можно ввести въ вычисленіе одинъ насосъ двойнаго дѣйствія.

Поперечное сѣченіе цилиндровъ опредѣлится, если количество воды въ 1 секунду раздѣлить на скорость поршня.

Длина качанія оконечности рычага не должна быть болѣе 4,9 фута. Ходъ поршня дѣлаютъ въ 5 разъ менѣе этой величины, т. е. 0,98 фут. Для малыхъ насосовъ длина хода поршня должна быть около 0,78 фут.

Скорость v воды въ наконечникѣ должна соответствовать теорети-ческой высотѣ подъема H, слѣдовательно $v = \sqrt{64,40 H}$

Площадь сѣченія наконечника постоянной трубы опредѣлится, когда количество воды раздѣлить на скорость. Вслѣдствіе же суженія струи дѣйствительное сѣченіе слѣдуетъ принимать въ 1,05 разъ больше.

Въ виду того, что во время дѣйствія трубы струя воды должна быть истекаема то выше, то ниже, въ зависимости отъ мѣстности, при по-жарной трубѣ должно быть нѣсколько наконечниковъ: узкихъ и широкихъ.

Чѣмъ больше воздушный резервуаръ насоса, тѣмъ равномернѣе будетъ водяная струя. Объемъ резервуара дѣлается въ 4 раза болѣе объема насоснаго цилиндра.

Зубчатые колеса.

Зубчатые колеса служат для передачи вращательного движения одного вала другому. Такие колеса бывают: 1) цилиндрические, когда оси их параллельны и 2) конические, когда оси пересекаются под углом.

Кроме того, колеса бывают с внешним зацеплением, когда зубцы колеса находятся на наружной стороне его и с внутренним, — когда зубцы колеса находятся на внутренней стороне и идут от окружности к центру.

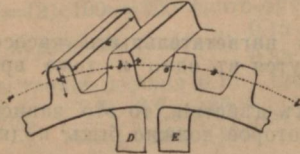


Рис. 76.

Окружности двух зацепляющихся колес, которые касаются и имеют одинаковые скорости наз. начальным кругом или начальной окружностью и служат основанием для вычисления и вычерчивания зубчатых колес.

На рис. 76 изображена часть цилиндрического колеса, глѣ g_1 —дуга, начальнаго круга, на которой откладываются дѣленія.

Толщиною b зуба наз. измѣреніе его по окружности начальнаго круга.

Шириною a зуба наз. измѣреніе его по направленію оси вращенія.

Длиною L зуба наз. измѣреніе его по направленію радиусовъ.

Сумма толщины зуба и впадина S или разстояніе двухъ смежныхъ зубцовъ наз. шагомъ зацепленія.

Подъ радиусомъ зубчатого колеса надо понимать радиус первоначальной окружности.

Въ двухъ зацепляющихся коническихъ колесахъ (рис. 77) оси AB и AC должны пересѣкаться въ одной точкѣ A .

Представимъ себѣ два конуса, у которыхъ основанія DF и DE и которыхъ вершины пересѣкаются въ одной общей точкѣ. Поверхности этихъ конусовъ соприкасаются по линіи DA , такъ что когда одинъ изъ нихъ начинаетъ вращаться вокругъ своей оси, то другой также приходить въ движеніе съ тою же скоростью на окружности.

Колеса должны быть расположены такъ, чтобы очертанія зубцовъ T, D, E сходились въ точкѣ A пересѣченія осей.

Два колеса, насаженные на одинъ и тотъ же валъ, дѣлаютъ въ одинаковое время одинаковое число оборотовъ, независимо отъ ихъ диаметровъ, но скорости на окружностяхъ колесъ пропорціональны ихъ диаметрамъ.

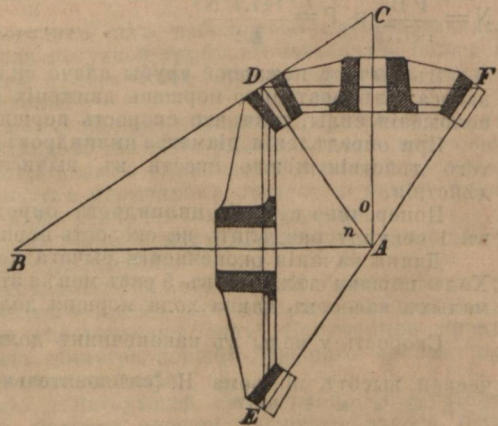


Рис. 77.

Два зацѣпляющіяся колеса, насаженныя на два вала, имѣютъ одинаковыя скорости на окружностяхъ, но число оборотовъ обратно пропорціонально радиусамъ или числу зубцовъ; ибо число зубцовъ прямо пропорціонально величинѣ радиуса.

Положимъ, что сцѣплены вмѣстѣ два зубчатыхъ колеса, изъ которыхъ первое имѣетъ 64 зубца, а второе 16; послѣднее будетъ вращаться въ четыре раза скорѣе перваго. При одинаковомъ числѣ зубцовъ число оборотовъ будетъ также одинаково, а направленіе движенія противоположное.

Степенью передачи наз. отношеніе числа оборотовъ движущаго колеса (ведущаго) къ числу оборотовъ приводимаго въ движеніе (ведомаго). Когда движеніе одного вала передается другому при помощи нѣсколькихъ паръ зубчатыхъ колесъ, то всякой парѣ соответствуетъ своя степень передачи. Произведеніе частныхъ (отдѣльныхъ) передачъ дастъ степень передачи двухъ крайнихъ колесъ.

Такъ напр. двѣнадцатикратную передачу можно слѣдующимъ образомъ произвести помощью двухъ паръ колесъ:

одной 2-хъ кратной, другой 6-ти кратн., ибо $2 \times 6 = 12$
 „ 3-хъ „ „ 4 „ „ $3 \times 4 = 12$

Тамъ, гдѣ представляется возможнымъ, надо всегда выбирать такія сочетанія, чтобы ни одна изъ частныхъ передачъ не была болѣе 7 или 8 кратной. Когда требуется передать большую силу, напр. отъ вала водянаго колеса, дѣлающаго только 5 оборотовъ въ минуту на валы дѣлающіе 100 оборотовъ въ минуту, то можно первую передачу сдѣлать 5-ти или 6-ти кратную, ибо чѣмъ больше скорость, тѣмъ валы могутъ быть тоньше и слѣдовательно легче.

Всякую систему зубчатыхъ колесъ можно разложить на столько частей, сколько осей въ системѣ. Въ этомъ случаѣ всякая часть будетъ представлять воротъ, т.-е. валъ съ колесомъ, гдѣ валъ замѣненъ шестерней, рычагомъ и т. д.

При устройствѣ зубчатыхъ колесъ необходимо принять во вниманіе давленіе, которому должны быть подвержены зубы, ибо этимъ давленіемъ опредѣляются размѣры зубцовъ и др. частей колеса.

При сцѣпленіи зубчатыхъ колесъ собою всегда происходитъ треніе, отъ котораго теряется часть работы. Потеря въ работѣ будетъ тѣмъ большая, чѣмъ меньше колеса, и чѣмъ большая разница въ величинѣ радиусовъ двухъ колесъ. Для внутренняго зацѣпленія она будетъ менѣе, чѣмъ для наружнаго. Въ коническихъ колесахъ потеря работы вслѣдствіе тренія меньше, чѣмъ въ цилиндрическихъ того же размѣра.

Зубцы должны имѣть такое очертаніе, чтобы скорость на начальныхъ окружностяхъ двухъ зацѣпляющихся колесъ была одинакова и вмѣстѣ съ тѣмъ зацѣпленіе должно происходить безъ толчковъ. Этимъ двумъ условіямъ можно удовлетворить, если дать зубцамъ надлежащее очертаніе.

Для того, чтобы вычертить зубчатое колесо необходимо знать радиусъ начальнаго круга и величину шага зацѣпленія, а затѣмъ смотря по величинѣ зубцовъ, поступать двумя способами.

Первый способъ. Вокъ зубца (рис. 78) вычерчивается при помощи дуги круга. Радиусомъ АТ описываютъ начальный кругъ АРТ и отъ точки Т откладываютъ разстояніе ТР, равное величинѣ $\frac{1}{4}$ радиуса; затѣмъ изъ точки Р, какъ изъ центра, радиусомъ РГ описываютъ дугу ер, которая изобразитъ искомую сторону зубца. Тѣмъ же способомъ мы получимъ и другую сторону зубца, а затѣмъ по шаблону вычертимъ на начальномъ кругѣ и другіе зубцы колеса.

Для того, чтобы облегчить вычерчивание, употребляется на угольник в 77° и $30'$, обозначенный на рисунке буквами NTV. Один бок этого наугольника разделен на $\frac{1}{4}$ дюйма, соответствующие радиусам начального круга.

Второй способ (рис. 79). Данным радиусом описывают начальный круг и на его окружности в точках А, В и т. д. вычерчивают шаг зацепления. Этот шаг зацепления делят на 15 равных частей. От точек А и В откладывают в обе стороны по $3\frac{1}{2}$ этих пятнадцатых частей шага зацепления, тогда получим ab, a' b' и т. д. равные $\frac{7}{15}$, которые определяют толщину зубцов. Затем от точки А по направлению радиуса откладывают вверх $AC = \frac{4}{15}$ и вниз $AD = \frac{5}{15}$. Через точки С и D проводят два круга. Из точки В, как центра, радиусом Bb описывают дугу bE. а из точки a, радиусом ab дугу Fb; при этом получится кривая FbE, которая ограничивает зубец; остальные зубцы вычерчиваются по шаблону.

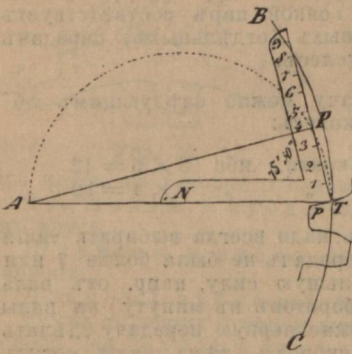


Рис. 78.

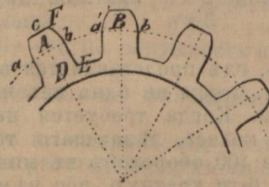


Рис. 79.

Размеры зубцов зависят от крепости материала, из которого их делают и давления, которому они будут подвержены. Эти размеры можно определять по следующей формуле:

$$P = \frac{R}{6} \cdot \frac{a^2 b}{L}, \text{ где}$$

P — означает давление на зубцы, R — коэффициент крепости материала, а толщину зубца по начальной окружности, b — ширину зубца и z — длину зубца. Зубцу можно придать произвольную толщину, если ширина и

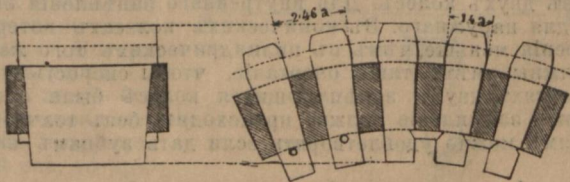


Рис. 80.

толщина взяты сообразно с толщиной. При небольшой толщине деления могут быть мельче, и число зубцов больше, отчего передача будет равномернее и правильнее.

Для того, чтобы уменьшить трение и произвести более спокойную передачу, а также чтобы облегчить починку, вместо металлических зубьев весьма часто употребляются деревянные вставные зубцы. Крепость и прочность таких деревянных зубцов в четыре раза

меньше чугунныхъ такихъ же размѣровъ. Слѣдовательно, размѣры деревянныхъ зубцовъ надо увеличить. Если толщину чугуннаго зуба означитъ чрезъ a , то деревянныхъ—она должна быть въ 1,4 раза больше. Соединеніе зубцовъ съ вѣнцомъ колеса видно на прилагаемомъ рисункѣ 80, гдѣ означены главные размѣры.

Число спицъ зубчатаго колеса зависить главнымъ образомъ отъ величины колеса. При діаметрѣ колеса до 3 фут. даютъ 4 спицы, отъ 3 до 6 фут.—6 спицъ, отъ 6 до 10 фут.—8 спицъ, а наконецъ, болѣе 10 футъ—10 или 12 спицъ.

Чугунныя спицы состоятъ обыкновенно изъ двухъ реберъ, такъ что поперечное сѣченіе ихъ имѣетъ форму крестообразную. Главное ребро лежитъ въ плоскости движенія; оно должно сопротивляться сгибанію; второе ребро предохраняетъ колесо отъ боковыхъ отклоненій.

Ширина главнаго ребра для тяжелыхъ зубчатыхъ колесъ опредѣляется по формулѣ $C = 9,45 \sqrt{\frac{A}{e n}}$, гдѣ A означаетъ числа **семь** передаваемыхъ колесомъ въ 1 секунду времени, n —число оборотовъ колеса въ минуту, e число спицъ колеса и C —ширину главнаго ребра въ дюймахъ.

Толщина главнаго ребра должна быть равна $\frac{1}{5}$ ширины и оба размѣра суживаются отъ втулки къ ободу, гдѣ составляютъ только $\frac{3}{4}$ начальной величины.

Толщина обода дѣлается равной толщинѣ главнаго ребра у втулки.

Длина втулки равна ширинѣ зубцовъ, увеличенной на $\frac{1}{15}$ доли радіуса колеса. Толщина втулки равна толщинѣ зуба, увеличенной на $\frac{1}{5}$ діаметра вала.

Ширина главнаго ребра спицъ тяжелыхъ передаточныхъ колесъ показана въ слѣдующей таблицѣ.

Ширина главнаго ребра спицъ.	Величины $\frac{A}{n}$ для			
	4 спицъ.	6 спицъ.	8 спицъ.	10 спицъ.
1,50"	0,01600	0,02400	0,03199	0,03000
1,75	0,02540	0,03810	0,05080	0,06350
2,00	0,03792	0,05688	0,07584	0,09480
2,25	0,05399	0,08099	0,10798	0,13498
2,50	0,07406	0,10999	0,14812	0,18515
2,75	0,09855	0,14782	0,19710	0,24637
3,00	0,12798	0,19197	0,25596	0,31995
3,50	0,20323	0,30484	0,40645	0,50807
4,00	0,30336	0,45504	0,60672	0,75840
4,50	0,43193	0,64790	0,86386	1,07983
5,0	0,59250	0,88875	1,18500	1,48125
5,5	0,78862	1,18293	1,57723	1,97154
6,0	1,02384	1,53576	2,04768	2,55960
6,5	1,30162	1,95258	2,60345	3,25430
7,0	1,62582	2,43873	3,25164	4,06455
7,5	1,99969	2,99953	3,99937	4,99922
8,0	2,42688	3,64032	4,85376	6,06720
8,5	2,91085	4,36643	5,82191	7,27737
9,0	3,45546	5,18319	6,91092	8,63865
9,5	4,06396	6,09594	8,12791	10,15989

Положимъ, что два зацѣпляющіяся колеса передаютъ 30 силъ; большее изъ нихъ дѣлаетъ 20, меньшее 60 оборотовъ въ минуту; первому колесу дадутъ 6 спиць, второму 4. Какіе должны быть размѣры главнаго ребра этихъ спиць?

Для большаго колеса число реберъ $e = 6$, $\frac{A}{n} = \frac{30}{20} = 1,5$.

Этому отношенію соответствуетъ по таблицѣ ширина главнаго ребра $= 6$ д., слѣдоват. толщина его $= \frac{6}{5} = 1,2$ д.

Для меньшаго колеса $e = 4$, $\frac{A}{n} = \frac{30}{60} = 0,5$ д.

Этой величинѣ $\frac{A}{n}$ соответствуетъ ширина между 4,5 д. и 5,0 д., потому беремъ ширину $= 4,75$ д., тогда толщина ребра $= \frac{4,75}{5} = 0,95$ д.

Ширина реберъ у обода:

для большаго колеса $= 6 \cdot \frac{3}{4} = 4,5$ д.

для меньшаго колеса $= 4,75 \cdot \frac{3}{4} = 3,56$ д.

Безконечный винтъ.

При помощи безконечнаго ремня можно передать движеніе подъ прямымъ угломъ, причемъ ось винта будетъ перпендикулярна къ оси колеса.

Такіе винты бываютъ съ однимъ или нѣсколькими ходами. Въ винтахъ съ однимъ ходомъ колесо поворачивается только на одинъ зубецъ при полномъ оборотѣ винта. Отсюда понятно, что для того, чтобы колесо сдѣлало одинъ оборотъ, винтъ долженъ сдѣлать столько оборотовъ, сколько зубцовъ въ колесѣ. У двухходоваго винта шагъ винтовой линіи вдвое больше шага колеса, а потому винтъ сдѣлаетъ 15 оборотовъ въ то время, когда колесо, имѣющее 30 зубцовъ, сдѣлаетъ одинъ полный оборотъ.

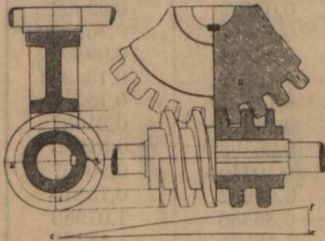


Рис. 81.

Зубцамъ на колесѣ надо придать тотъ же наклонъ, какъ и у нарѣзки винта, причемъ наклонъ зубьевъ двухходоваго винта дѣлается вдвое больше одноходоваго.

Что касается формы нарѣзки винта, то она опредѣляется такъ же, какъ форма зубцовъ зубчатой полосы для даннаго колеса.

Сила, приложенная къ начальной винтовой линіи относится къ сопротивленію, приложенному къ начальной окружности колеса, какъ скорость точки приложения силы къ скорости точки приложения сопротивления. Однако значительное треніе, вызываемое такой передачей движенія ограничиваетъ употребленіе ея только въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ при небольшой силѣ требуется значительное уменьшеніе скорости или на оборотъ. Даже въ очень хорошо устроенныхъ винтахъ треніе поглощаетъ около $\frac{1}{2}$ дѣйствующей силы.

На рис. 81 показанъ этотъ родъ передачи движенія, причемъ ab означаетъ среднюю окружность винта, ce равно этой окружности, ef равно

гуннаго шкива въ части $m=1,71 P$ и для части $n=0,71 P$, а для деревяннаго въ $m=1,29 P$ и въ $n=0,29 P$. Слѣдовательно, среднее натяженіе

ремня для чугуннаго шкива $\frac{1,71 + 0,71}{2} = 1,21 P$ и деревяннаго — $\frac{1,29 + 0,29}{2} = 0,79 P$. При этомъ каждый изъ шиповъ прижимается

къ подшипнику силою: въ чугунныхъ шкивахъ $1,71 + 0,71 = 2,42 P$; въ деревянныхъ шкивахъ $1,29 + 0,29 = 1,58 P$.

Такъ какъ въ слѣдствіе этого давленія шипамъ приходится давать большую толщину и скорость вращенія ихъ бываетъ также значительная, то треніе поглощаетъ около 2—5% работы.

Отсюда понятно, что ремнямъ не слѣдуетъ давать слишкомъ большого натяженія.

Такъ какъ при одинаковой скорости на окружностяхъ шкивовъ, передаваемая сила прямо пропорціональна передаваемой работѣ, то слѣдовательно и ширина ремней также должна быть прямо пропорціональна послѣдней. При одинаковой величинѣ работы сила обратно пропорціональна скорости на окружности и обратнопропорціональна діаметру шкива.

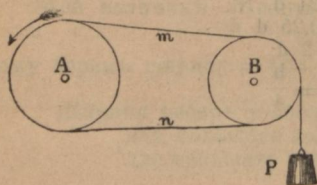


Рис. 82.

Изъ опытовъ найдено, что ширина ремня въ 3 дюйма совершенно достаточна для передачи работы въ одну силу при скорости на окружности колеса въ $8\frac{1}{2}$ футовъ въ секунду; слѣдовательно для работы въ 2 силы, при той же скорости нуженъ ремень въ 6 дюймовъ, а при ско-

рости на окружности = 12 фут., ширина должна быть равна $\frac{6 \cdot 8\frac{1}{2}}{12} 4\frac{1}{2}$ дюйма.

Вообще, если число передаваемыхъ силъ въ секунду означить чрезъ A , скорость на окружности чрезъ v , то ширина ремня $b = 28,4 \frac{A}{v}$.

Если барабанъ, діаметромъ въ 4', дѣлающій 75 оборотовъ въ минуту долженъ передавать работу въ $3\frac{1}{2}$ силы, то какъ велика должна быть ширина ремня.

$$\text{Скорость на окружности. } \frac{4 \times 3,14 \times 75}{60} = 15,71 \text{ ф.}$$

$$\text{Ширина ремня } b = 28,4 \frac{3,5}{15,71} = 6,3 \text{ дюйма.}$$

Гладко обточенный шкивъ лучше дѣйствуетъ, чѣмъ шкивъ съ шероховатой поверхностью или съ выемками (бороздками). Смазываніе ремня полезно для увеличенія гибкости.

Такъ какъ ширина ремня прямо пропорціональна передаваемой работѣ и обратно пропорціональна скорости на окружности, то для большаго числа силъ, при небольшой скорости, получится очень большая ширина ремня.

Для того, чтобы ремень не соскакивалъ со шкивовъ необходимо ширину его дѣлать не меньше 2,5 дюймовъ; въ этомъ случаѣ ему можно дать меньшее натяженіе. Ремни, шириною въ 12 д. рѣдко употребляются; для уменьшенія же ширины увеличиваютъ скорость на окружности или

ставять болѣе толстую кожу, при которой возможно большее натяженіе ремня.

Скрещиваніе ремня измѣняетъ направленіе движенія; но скрещенныя ремни перетираются скорѣе отъ прикосновенія одной части ремня съ другой.

Для остановки движенія вала, приводимаго въ движеніе безконечнымъ ремнемъ, переводятъ послѣдній съ помощью вилки на холостой шкивъ. Въ этомъ случаѣ движущій шкивъ долженъ имѣть такую ширину какъ неподвижный и холостой вмѣстѣ и вилка должна находиться у той части ремня, которая находится на приводимый въ

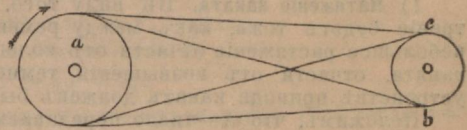
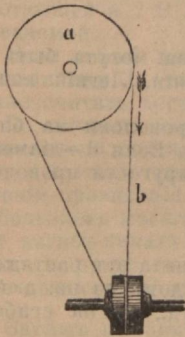


Рис. 83.

движеніе шкивъ. Такъ, если предыдущій шкивъ а (рис. 83) имѣетъ вращеніе, какъ показываетъ стрѣлка, слѣва направо, то при открытомъ ремнѣ вилка должна находиться на сторонѣ с, при скрещенномъ—на сторонѣ b.



Когда двѣ оси перпендикулярны между собою, то шкивы должны быть установлены такъ, чтобы часть b ремня (рис. 84), которая находится на шкивъ, была перпендикулярна къ оси его и лежала бы въ плоскости шкива и средняя плоскость aa одного шкива касалась окружности другого шкива. Вообще, линия пересѣченія среднихъ плоскостей шкивовъ должна касаться этихъ окружностей въ точкахъ отхожденія ремня.

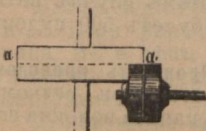


Рис. 84.

Для передачи движенія на большія разстоянія употребляются проволочные канаты. Проволоки, въ отдѣльной каждой бичевкѣ, скручиваются отъ 8° до 15° съ направленіемъ оси бичевки. Въ свою очередь бичевки скручиваются до такой же степени въ канатъ, но въ противоположную сторону. Канатъ, чаще всего имѣетъ отъ 3 до 6 прядокъ, а каждая прядка состоитъ изъ 4—12 проволокъ.

Наиболѣе употребительные канаты показаны ниже, въ таблицѣ:

Диаметръ проволоки		Число про-	
въ миллиметрахъ	въ дюймахъ	волокъ.	
0,5	0,0199	30	36
0,6	0,02364	36	48
0,7	0,02758	36	54
0,8	0,03152	36	60
0,9	0,03546	36	54
1	0,03940	36	48
1,1	0,04334	36	54
1,2	0,04728	36	60
1,3	0,05122	36	54
1,4	0,05516	36	48
1,5	0,05910	36	48

Для болшей прочности и сбереженія каната блоки, чрезъ которые проходятъ канаты, прежде дѣлали изъ дерева и глубокая горловина ихъ обтягивалась кожей, въ настоящее же время блоки устраиваютъ

чугунные и въ ободѣ дѣлають жолобъ съ поперечнымъ сѣченіемъ трапеціи. Въ этотъ жолобъ вкладываютъ кусокъ гутаперчи, а иногда ради дешевизны просто кусокъ ивы или осины.

Передача проволочными канатами устраивается на слѣдующихъ ображеніяхъ:

1) **Натяженіе каната.** Въ виду того, что канатъ скользитъ по кожѣ, треніе будетъ тоже, какъ между ременной передачей. Канатъ имѣетъ небольшое растяженіе отчасти отъ колебаній свободно висѣющихъ частей каната, отчасти отъ возвышеній температуры, а потому при новомъ устройствѣ привода канатъ долженъ быть сильнѣе натянуть.

Положимъ, что A —число передаваемыхъ силъ, P —сопротивленіе на окружности блока въ футахъ и V —скорость каната въ футахъ.

Натяженіе каната во время покоя будетъ равно $1.5 P$. во время же движенія $2 P$. При этомъ надо затѣтить, что $Pv = 600 A$, откуда $P =$

$$= 600 \frac{A}{v}.$$

Слѣдовательно, натяженіе каната и его толщина могутъ быть довольно значительны даже при медленномъ движеніи. Легкій канатъ удобенъ только при большой скорости передачи.

2) **Натяженіе отъ сгибанія.** При наворачиваніи проволоки на блокъ всегда происходитъ растяженіе внѣшнихъ волоконъ. Если d —діаметръ проволоки, D —діаметръ блока и E —коэффициентъ упругости проволоки,

то натяженіе отъ сгибанія будетъ $E \cdot \frac{d}{D}$.

Въ общей сложности натяженіе проволочнаго каната отъ растяженія и сгибанія проволоки не должно превышать 600 пудовъ на кв. дюймъ. Слѣдовательно, если растяженіе принять въ 150 пуд., то на сгибаніе останется 450 пуд.

Наименьшій діаметръ блока, принимаемый въ практикѣ, долженъ быть въ 2000 разъ больше діаметра проволоки; въ этомъ случаѣ натяженіе, передаваемое отъ одного блока къ другому, будетъ 500 пудовъ на 1 кв. дюймъ.

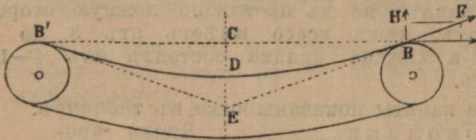


Рис. 85.

больше быстрота движенія и больше натяженіе. Поэтому для прочности каната и продолжительности его службы лучше свивать канатъ изъ тонкой проволоки, блоки ставить возможно большаго діаметра и движеніе канату даватъ медленное.

4) **Провисаніе каната.** Проволочные канаты вслѣдствіе своей тяжести подвѣржены провисанію, которое бываетъ тѣмъ больше, чѣмъ тяжелѣе канатъ, чѣмъ больше разстояніе между блоками и чѣмъ меньше его натяженіе.

При рѣшеніи вопроса о провисаніи каната слѣдуетъ принять во вниманіе два случая: когда блоки расположены на одной высотѣ и когда блоки установлены на различныхъ высотахъ.

Разсмотримъ первый случай. Пусть BDB' будетъ часть каната въ состояніи покоя (рис. 85), BF —натяженіе каната по направленію касательной BE равно $1.5 P$.

3) **Прочность проволочнаго каната.** При всякомъ оборотѣ каната волокна его то растягиваются, то сжимаются, отчего и происходитъ ослабленіе каната. Вообще, разстройство каната идетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ толще проволока,

Если силу BF разложить на двѣ, то BH, вертикальная, выразитъ вѣсъ половины каната BD; затѣмъ, принявъ CD = DE и обозначивъ чрезъ a половину разстоянія между осями блоковъ, равную длинѣ BC; p—вѣсъ каната длиною a и h величина провисанія DC, тогда получимъ слѣдующее отношеніе:

$$\begin{aligned} CE : BE &= BH : BF \text{ или} \\ 2h : \sqrt{a^2 + 4h^2} &= p : 1,5 P, \text{ откуда} \\ 1,5 P \times 2h &= \frac{\sqrt{a^2 p^2 + 4 P^2 p^2}}{\sqrt{9p^2 - 4p^2}} = ap. \end{aligned}$$

Во многихъ случаяхъ p^2 можно пренебречь противъ P^2 и тогда $h = \frac{ap}{3P}$.

При движеніи каната вмѣсто 3 P можно взять 4 P для части каната работающей и 2 P для части каната увлекаемой.

Если новый канатъ провисаетъ на величину h, то его натяженіе можно считать достаточнымъ.

Во второмъ случаѣ, т. е. когда блоки расположены на неодинаковыхъ высотахъ (рис. 86) для опредѣленія провисанія надо начертить въ большемъ масштабѣ параболическій изгибъ каната BDEF приблизительно и провести горизонтальную BE. Вершина параболы D будетъ подъ серединою C этой линіи.

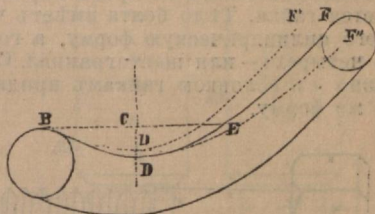


Рис. 86.

Затѣмъ измѣряютъ линію BC и вычисляютъ по формулѣ $h = \frac{ap}{3P}$ величину h = CD'.

Далѣе, чертятъ параболу чрезъ точку B, которой вершина находится въ D'. Если параболы пройдетъ чрезъ точку F, то это значитъ, что длина BE и вѣсъ p, взяты вѣрно; если же она пройдетъ чрезъ F' или F'', то BE надо взять нѣсколько большею или меньшею и дѣйствія повторяются.

5) **Разстояніе между блоками.** Для продолжительности служенія каната большое разстояніе между блоками вообще считается благоприятнымъ. Канаты сгибаются, кромѣ атмосфернаго вліянія, главнымъ образомъ отъ сгибанія. Это сгибаніе повторяется тѣмъ чаще, чѣмъ блоки поставлены ближе другъ къ другу.

6) **Промежуточные блоки.** При большихъ разстояніяхъ между блоками необходимо ставить промежуточные блоки, діаметръ которыхъ для работающей части каната можетъ быть нѣсколько меньше діаметра главныхъ блоковъ. Такіе промежуточные блоки могутъ служить также, какъ натяжные для сообщенія канату требуемаго натяженія.

Детали машинъ.

Заклепки (рис. 87) служатъ главнымъ образомъ для соединенія металлическихъ листовъ при выработкѣ водонепроницаемыхъ сосудовъ, какъ напр. паровыхъ котловъ. Смотря по роду металла—желѣза, стали или мѣди, заклепки дѣлаются желѣзные, стальные или мѣдные.

Всякая заклепка состоитъ изъ цилиндрическаго тѣла и головки

или шляпки. Последней придают, смотря по надобности, полукруглую или коническую форму.

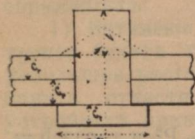


Рис. 87.

Для соединенія листовъ заклепки накаливаютъ до красно-калильнаго жара и, вложивъ въ соответствующую диаметру тѣла заклепки дыру, расклепываютъ свободный конецъ ея такъ, чтобы получилась вторая головка, которая плотно сжимаетъ листы. Диаметръ заклепки долженъ быть равенъ удвоенной толщинѣ склепываемаго металлическаго листа. Длина тѣла равна удвоенному диаметру и, наконецъ, диаметръ шляпки равенъ $1\frac{1}{2}$ диаметрамъ тѣла, а толщина шляпки $\frac{1}{2}$ диаметра.

Болты и гайки (рис. 88 и 89). Болты состоятъ изъ головки и тѣла, на свободномъ концѣ котораго нарезается винтъ. На эту рѣзбу навертывается гайка. Тѣло болта имѣетъ чаще всего цилиндрическую форму, а головка четырехъ—или шестигранная. Сообразно съ головкою гайкамъ придаютъ ту же форму.

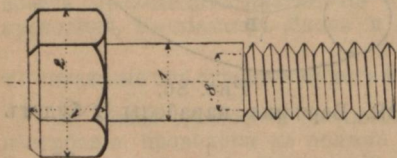


Рис. 88.

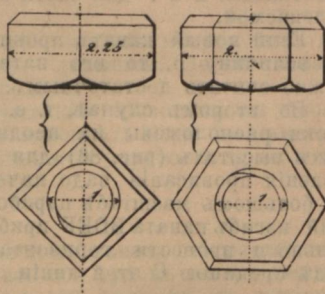


Рис. 89.

Какъ болты, такъ и гайки дѣлаются чаще всего изъ желѣза.

Размѣры болтовъ и гаекъ рассчитываются по диаметру тѣла, который принимаютъ за единицу. Такъ, для квадратныхъ головокъ и гаекъ: толщина = d , диагональ квадрата $2,25d$; для шестигранныхъ головокъ и гаекъ: толщина = d , диаметръ описаннаго круга = $2d$. Длина винтовой рѣзбы 3 или 4 d .

Гнѣзда употребляются для соединенія на глухо стержней, какъ между собою, такъ и съ другими частями машины.

Гнѣзда бываютъ цилиндрическія и коническія.

Къ первымъ относятся: 1) гнѣзда пустотѣлыя съ чекой (рис. 90) —употребляются для соединенія двухъ частей стержня, движущаго воздушный насосъ; и съ винтомъ (рис. 91) для соединенія буровыхъ штанговъ. 2) гнѣзда шалнерныя также съ чекой или винтомъ (рис. 92 и 93) отличаются отъ предыдущихъ только тѣмъ, что составляютъ совершенно отдѣльную промежуточную часть между двумя соединяющимися стержнями, изъ которыхъ одна подвижная. 3) Гнѣзда въ видѣ буквы Т съ чекой или винтомъ (рис. 94 и 95) употребляются для сборки стержней съ поперечинами.

Къ коническимъ гнѣздамъ относятся: 1) гнѣзда простыя съ чекой (рис. 96) и 2) гнѣзда образныя съ гайкой. Оба рода такихъ гнѣздъ употребляются для сборки стержней съ поршнями паровыхъ цилиндровъ.

Если принять диаметръ конца стержня, вкладываемаго въ гнѣздо за единицу, то размѣры другихъ частей гнѣзда будутъ: тол-

шина стѣнокъ 0,25 d, глубина гнѣзда 2,8 d, ширина отверстія для чеки 0,2 d, и высота 0,9 d; длина чеки—3,6 d, высота ея при толщинѣ конца

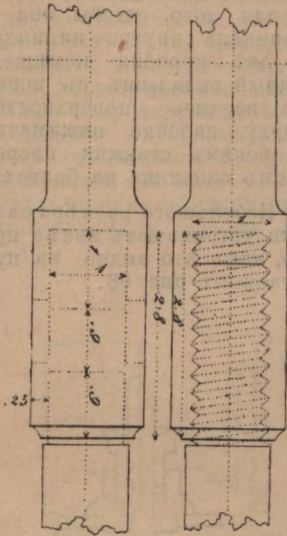


Рис. 90.

Рис. 91.

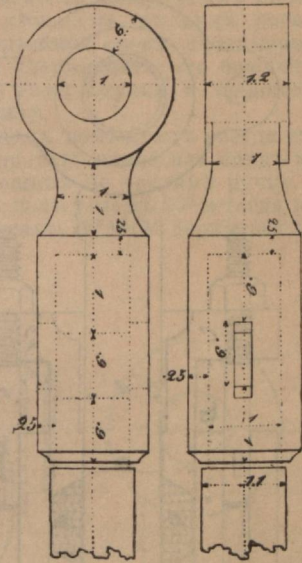


Рис. 92.

Рис. 93.

0,9 d,—при тонкомъ 0,7 d. Склонъ плоскостей коническихъ гнѣздъ $\frac{1}{15}$, а высота въ 2,5 d.

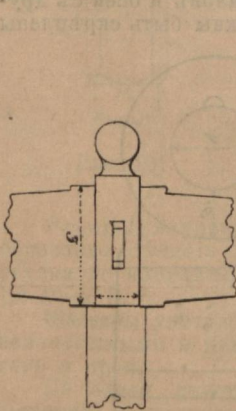


Рис. 94.

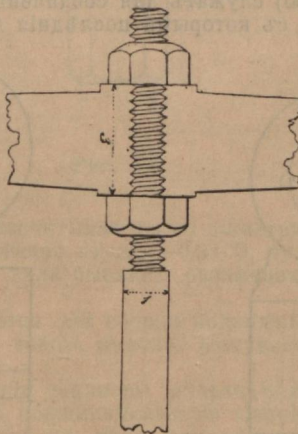


Рис. 95.

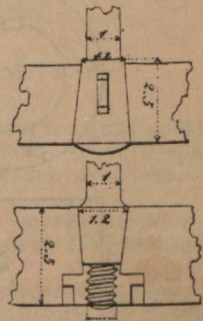


Рис. 96.

Сальники (рис. 97). Сальникъ состоитъ изъ коробки А, набойки В, собственно сальника С и вкладыша Е.

Коробка дѣлается чугуной или мѣдной и отливается вмѣстѣ съ крышкой. Набойка бываетъ пенъковая или же изъ упругихъ металлическихъ колець.

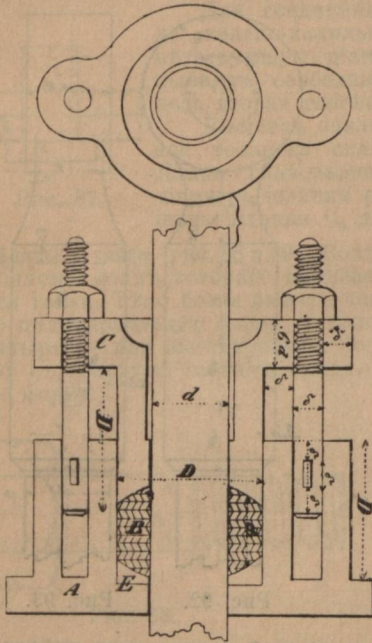


Рис. 97.

Если набивка пенъковая, то для того, чтобы она не проникала внутрь цилиндра, на днѣ коробки помѣщенъ мѣдный вкладышъ съ вогнутою верхнею поверхностью. Сверху набойка нажимается къ бокамъ стержня посредствомъ сальника на болтахъ.

Небольшого размѣра сальники устраиваютъ менѣе прочно, какъ это видно на прилагаемомъ рис. 98.

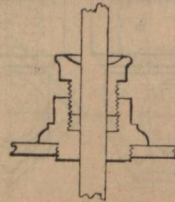


Рис. 98.

Втулки (рис. 99 и 100) служатъ для соединенія валовъ и осей съ другими частями машины, съ которыми послѣднія должны быть скрѣплены

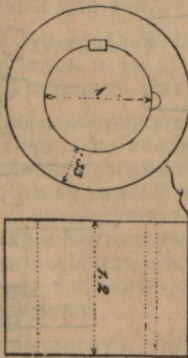


Рис. 99.

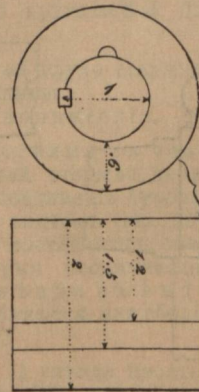


Рис. 100.

вмѣстѣ или же вращаться съ ними, какъ напр. вала съ маховикомъ, вала съ зубчатымъ колесомъ, вала съ кривошипомъ.

Втулки дѣлають чугуныя и желѣзныя; имъ придаютъ очертаніе круглое или гранное, въ зависимости отъ формы скрѣпляемыхъ частей. Самая втулка укрѣпляется на валу при помощи двухъ шпонокъ, изъ которыхъ одна призматическая съ квадратнымъ поперечнымъ сѣченіемъ, а другая коническая съ поперечнымъ сѣченіемъ въ видѣ рога луны. Первая изъ этихъ шпонокъ одной половиной своей вкладывается въ тѣло вала, а другой—въ тѣло втулки и удерживаетъ отъ бокового движенія; вторая шпонка помѣщается въ тѣлѣ втулки и препятствуетъ продольному перемѣщенію втулки по валу.

Шпонку съ призматическимъ сѣченіемъ помѣщаютъ всегда въ томъ мѣстѣ, гдѣ металлъ толще, какъ напр. противъ одной изъ спиць колеса, насаженнаго на валъ, или же въ кривошипѣ по срединѣ ручки. Коническую шпонку обыкновенно забиваютъ подъ угломъ 90° и тогда втулка, скрѣпленная съ валомъ въ трехъ точкахъ, будетъ держаться въ ней рѣдко.



Рис. 101.

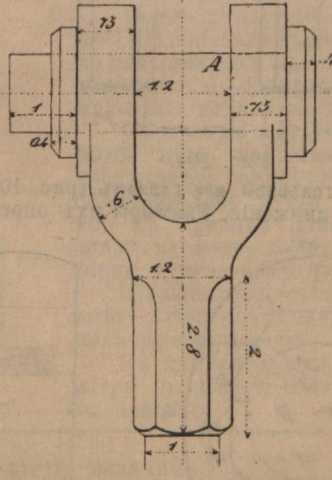


Рис. 102.

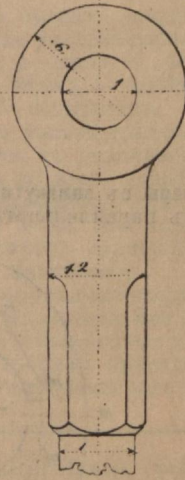


Рис. 103.

Размѣры втулокъ—рассчитываются по діаметру вала: толщина кольцеобразнаго сѣченія желѣзной втулки— $0,33 D$, чугунной— $0,6 D$. Ширина втулки по направленію вала бываетъ различная, именно въ предѣлахъ $1,2 D$ — $2 D$.

Шалнеры употребляются для сборки подвижныхъ частей машины съ неподвижными и между собою, именно: шатуновъ, рычаговъ, стержней, тягъ и проч.

По своей конструкціи шалнеры подраздѣляются на шалнеры на шкворнѣ и шалнеры съ подшипниками на шейкахъ. Последнія употребляются преимущественно въ тѣхъ случаяхъ, когда надо преодолѣть большее сопротивленіе и большее треніе.

Шалнеръ на шкворнѣ дѣлается желѣзнымъ и состоитъ изъ уха (рис. 101), вилки и шкворня (рис. 102). На рис. 103 показанъ боковой видъ уха и вилки.

Шалнеръ съ подвижной скобой состоитъ изъ скобы А, подшипниковъ ВВ и чеки СС, изображенныхъ на рис 104.

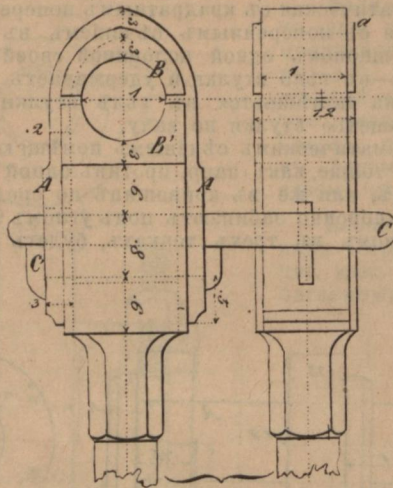


Рис. 104.

Шалнеры съ замкнутой головной или глазомъ (рис. 105) употребляются въ тягахъ параллельнаго движенія. Размѣры ихъ опредѣляются по диаметру шейки D. Главнѣйшія изъ нихъ показаны на прилагаемомъ рисункѣ.

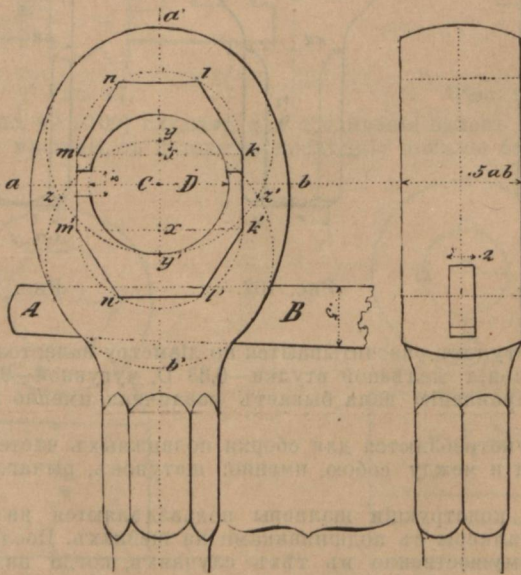


Рис. 105.

метру шейки D. Главнѣйшія изъ нихъ показаны на прилагаемомъ рисункѣ.

Шипы вертикальных валовъ.

Когда діаметръ стоячаго вала малъ, то нагреваніе вала влѣдствіе тренія въ подшипникѣ будетъ весьма замѣтное и оно ведетъ къ значительной потери силы. Вообще, давленіе на квадратный дюймъ не должно быть болѣе: при малой скорости шипа—780 фунтовъ, при средней—470 и при большой скорости—280 фунтовъ.

Для стальныхъ шиповъ давленіе можетъ быть увеличено почти вдвое. Возьмемъ примѣръ. Положимъ, что мы имѣемъ турбину, вѣсъ которой 850 фунтовъ, вѣсъ вала 1300 фунтовъ и вѣсъ зубчатого колеса, прикрѣпленнаго къ верхней части вала,—360 фунтовъ. Скорость движенія турбины средняя. Требуется опредѣлить толщину вала?

Давленіе шипа на подшипникъ будетъ $850 + 1300 + 360 = 2510$ фунтовъ. Слѣдовательно, площадь шипа при давленіи 470 фунтовъ на кв. дюймъ $= \frac{2510}{470} = 5,34$ кв. дюймовъ.

Этой площади соответствуетъ діаметръ, если шипъ желѣзный,—2,61 дюйма, а для стального — $2,61 \times 0,7 = 1,8$ д.

Форма по штыковъ бываетъ различная. На рис. 106 показана наиболѣе употребительная форма для стоячихъ валовъ: а—шипъ, б—бронзовая подкладка, с—бронзовая чашка, h—штифтъ, удерживающій подкладку и f—подпятникъ.

Въ шипахъ лежащихъ валовъ давленіе, которымъ шипъ прижимается къ подпятнику, распределяется равномерно по всей длинѣ шипа, слѣдовательно точка приложенія этого давленія—въ срединѣ длины шипа. При одинаковой длинѣ, крѣпость двухъ шиповъ пропорціональна корню кубическому изъ діаметровъ.

Шипы валовъ, медленно вращающихся, могутъ имѣть длину почти равную толщинѣ; при большой же скорости вращенія—въ $1\frac{1}{2}$ раза больше толщины.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ приведены діаметры шиповъ и соответствующія имъ величины давленія.

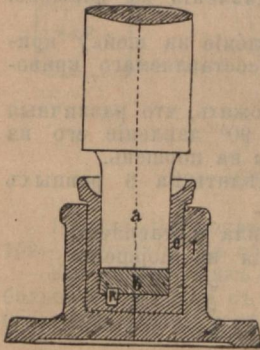


Рис. 106.

Величина діаметра.	Соотвѣтств. величина давленія:		Величина діаметра.	Соотвѣтств. величина давленія:	
	для чугуна.	для желѣза		для чугуна.	для желѣза.
0,8"		448 ф	2,0"	1946 ф.	2800 ф.
0,9		567 "	2,1	2145 "	3087 "
1,0		700 "	2,2	2355 "	3388 "
1,1		847 "	2,3	2574 "	3700 "
1,2	700 ф.	1000 "	2,4	2800 "	4032 "
1,3	822 "	1183 "	2,5	3040 "	4375 "
1,4	950 "	1372 "	2,6	3289 "	4732 "
1,5	1095 "	1575 "	2,7	3546 "	5100 "
1,6	1245 "	1792 "	2,8	3814 "	5488 "
1,7	1400 "	2023 "	2,9	4090 "	5887 "
1,8	1576 "	2263 "	3,0	4378 "	6300 "
1,9	1756 "	2527 "	3,1	4675 "	6727 "

Кривошипъ. Посредствомъ кривошипа измѣняется прямолинейное движеніе въ круговое и обратно. Для этого необходимы: валъ, колѣно или кривошипъ, шейка и шатунъ.

Въ паровой машинѣ движеніе поршня передается валу, причѣмъ прямолинейное движеніе преобразуется въ круговое.

Длина кривошипа равна половинѣ хода поршня; поэтому, въ то время какъ поршень сдѣлаетъ одинъ двойной ходъ (вверхъ и внизъ или впередъ и назадъ) шейка кривошипа описываетъ окружность круга, котораго діаметръ равенъ высотѣ хода.

Слѣдовательно, пространства, проходимыя поршнемъ и шейкой во время одного оборота, относятся какъ 2: 3,14.

Работа силы, давящей на поршень во время одного оборота шейки, равна работѣ той силы, которая дѣйствуетъ на кривошипъ по касательной къ окружности, описываемой шейкою, и производитъ вращеніе послѣдней.

Такимъ образомъ среднія величины этихъ двухъ силъ обратно пропорціональны среднимъ скоростямъ поршня и шейки, т. е. относятся какъ 3,14:2. Отсюда среднее давленіе на шейку по касательной къ окружности составляетъ $\frac{2}{3,14} = 0,636$ средняго давленія на поршень.

Если давленіе на поршень постоянное, то давленіе на шейку кривошипа будетъ переменное, и зависеть отъ угла, составляемаго кривошипомъ съ шатуномъ.

Если шатунъ длиннѣе, такъ что можно положить, что различныя положенія его параллельны между собою, то при 90° давленіе его на шейку будетъ наибольшее и равно давленію силы на поршень.

Если четверть окружности, отъ 0° до 90° раздѣлить на 6 равныхъ частей, то

для угла въ	касательная сила составляетъ давленія на поршень
0°	0,000 " " "
15°	0,259 " " "
30°	0,500 " " "
45°	0,707 " " "
60°	0,866 " " "
75°	0,966 " " "
90°	1,000 " " "

По причинѣ такой измѣнчивости силы и движеніе кривошипа вмѣстѣ съ валомъ будетъ неравнобѣрно. Эту неравнобѣрность отчасти можно устранить маховымъ колесомъ, насаженнымъ на валъ.

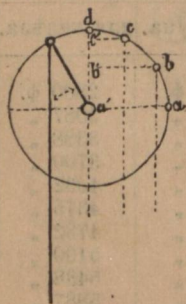


Рис. 107.

Если кривошипъ движется равномерно и дуги ab, bc и cd (рис. 107) равны между собой, то въ то время, какъ описываются эти дуги, поршень проходитъ пространства a'b', b'c' c'd'. Слѣдовательно, движеніе поршня, начиная отъ середины, къ концамъ хода постепенно замедляется. Въ двухъ крайнихъ положеніяхъ эта скорость = 0 и наз. мертвыми точками.

При такой измѣнчивости движенія поршня, его масса, масса шатуна и всего связаннаго съ этой передачей получаетъ попеременно то ускоренное, то замедленное движеніе. Слѣдовательно, въ продолженіи нѣкотораго періода времени вся масса то теряетъ извѣстное количество живой силы, то приобретаетъ ее.

Этимъ обстоятельствомъ объясняются частые толчки, которымъ подвержена шейка кривошипа.

Кривошины бываютъ чугунныя и желѣзныя. Последнія имѣютъ пре-

имущество передь первыми по своей большей прочности и занимають меньше мѣста, а потому и употребляются преимущественно на пароходахъ.

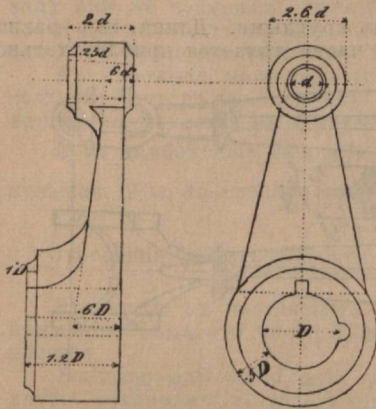


Рис. 108.

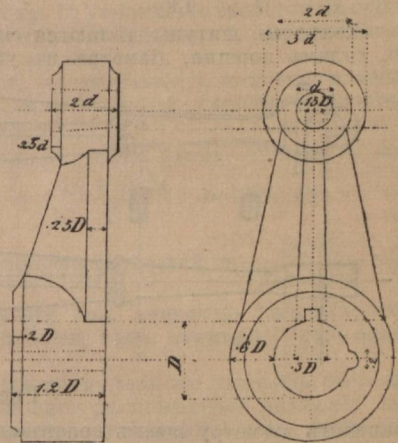


Рис. 109.

На рис. 108 показанъ общій видъ желѣзнаго кривошипа, а на рис. 109—чугуннаго. На обоихъ рисункахъ показаны и главнѣйшіе размѣры.

Кривошипы, какъ мы уже упомянули выше, соединяются при помощи большой втулки, а съ концами шатуновъ посредствомъ желѣзной шейки (рис. 110), плотно укрѣпленной въ малой втулкѣ кривошипа.

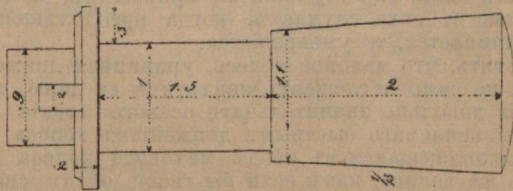


Рис. 110.

Диаметръ желѣзной, а слѣдовательно и малой втулки, дѣлають равнымъ 1,26 диаметра поршневого стержня.

Шатунъ на одномъ концѣ имѣетъ вилку, которой онъ соединяется съ крестовиной парового стержня, а на другомъ снабженъ шалнеромъ, которымъ связывается съ шейкой кривошипа (рис. 111).

Въ чугунныхъ шатунахъ тѣло дѣлается круглымъ или овальнымъ только на протяженіи $\frac{1}{5}$ своей длины, считая отъ центра шалнера, въ остальной же части сѣченіе его крестообразное. Длина шатуна равна тремъ ходамъ поршня; остальные размѣры находятся въ зависимости отъ диаметра парового стержня.

Диаметръ нижняго отверстія $d =$ диаметру шипа въ кривошипѣ; диаметръ отверстія въ вилкѣ $= 0,7 d$; высота ребра въ срединѣ $h = \frac{1}{18}$ толщина $= \frac{h}{7} = \frac{1}{136}$.

Желѣзные шатуны дѣлаются сплошь круглыми. Длина ихъ равна $2\frac{1}{2}$ ходамъ поршня, диаметръ въ узкой части дѣлается приблизительно

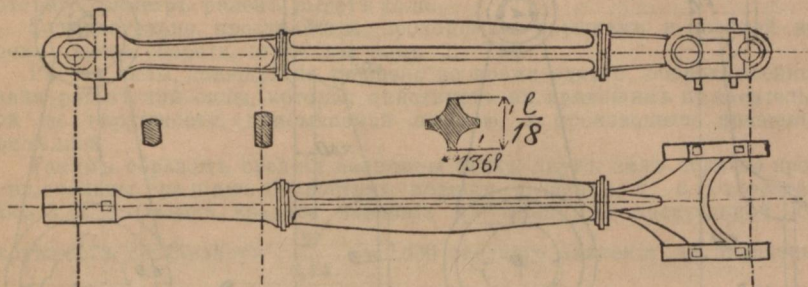


Рис. 111.

равнымъ диаметру шеекъ кривошины, а въ толстой части (по срединѣ) на $\frac{1}{5}$ болѣе. Поперечное сѣченіе роговъ вилки квадратное.

Маховыя колеса.

Маховыя колеса служатъ для того, чтобы уменьшить, по возможности, неравномѣрность движенія машинъ, ибо въ то время, когда двигатель производитъ больше работы, чѣмъ поглощается сопротивленіе, маховое колесо скапливаетъ въ себѣ этотъ излишекъ, который и возвращаетъ, когда работа двигателя будетъ меньше работы сопротивленій.

Маховыя колеса употребляются преимущественно въ тѣхъ машинахъ, въ которыхъ преобразование движенія происходитъ при помощи кривошипа, такъ какъ сила, дѣйствующая на кривошипъ, измѣняется периодически, а также въ тѣхъ случаяхъ, когда преодолеваемое сопротивленіе то увеличивается, то уменьшается.

Надо замѣтить, что маховое колесо, уравнивая движеніе, вовсе не даетъ работы, но само поглощаетъ извѣстную ей долю, которая идетъ на преодоленія довольно значительнаго осевого тренія и сопротивленія воздуха, вытѣсняемаго быстрымъ движеніемъ колеса.

Работа, накопляющаяся въ ободѣ махового колеса во время его движенія такъ же велика, какъ если бы такой ободъ свободно падалъ съ такой высоты, которая равна скорости на его окружности или, иными словами, здѣсь работа равна произведенію вѣса обода на высоту паденія.

Если P вѣсъ обода въ фунтахъ, v —скорость на окружности въ секунду въ фунтахъ g —ускореніе силы тяжести $= 32,18$, то $\frac{v^2}{2g} = 9,0155 v^2$ будетъ высотой паденія, соответствующей скорости v , а работа, заключающаяся въ ободѣ колеса $= 0,0155 v^2 P$ фунто-футовъ.

Изъ опытовъ дознано, что въ маховомъ колесѣ скапливается работа почти въ 4 раза болѣе работы, производимой паровой машиной въ секунду.

Живая сила махового колеса возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости на окружности. Но такъ какъ съ увеличеніемъ вѣса возрас-

таетъ стоимость махового колеса и увеличивается осевое треніе, то маховыя колеса надо насаживать на тотъ валь, который дѣлаетъ наибольшее число оборотовъ.

При этомъ однако надо принять во вниманіе: 1) для устранения возвратныхъ толчковъ колесо должно быть помѣщено или на самомъ валу или же возможно ближе къ нему, 2) увеличеніе скорости на окружности должно быть ограничено известными предѣлами, которые зависятъ отъ крѣпости частей махового колеса.

Въ паровыхъ машинахъ скорость на окружности махового колеса = 20—25 футовъ въ секунду; въ вальцовыхъ и паровыхъ молотахъ иногда спускается въ 4 раза болѣе.

Если наибольшая скорость махового колеса равна 20 фут., а наименьшая 19,34, то средняя скорость = $\frac{20 + 19,34}{2} = 19,67$ фут.

Отношеніе, средней скорости къ разности скоростей = $\frac{19,67}{20 - 19,34} = 30$.

Это число въ настоящемъ примѣрѣ наз. степенью равномерности движенія. Чѣмъ это число будетъ больше, тѣмъ движеніе будетъ равномернѣе.

Въ паровыхъ машинахъ, которыя приводятъ въ движеніе насосы и другіе механизмы, не требующіе большаго равномернаго движенія достаточно взять 15—20 кратную равномерность; между тѣмъ какъ для приведенія въ движеніе прядильныхъ, ткацкихъ и др. станковъ требуется 30—60 кратная равномерность.

Вѣсъ обода маховика практически опредѣляется по слѣдующему правилу: надо раздѣлить число силъ машины на окружность обода и число оборотовъ маховика въ минуту, и частное умножить на число помѣщенное въ таблицѣ; произведеніе даетъ вѣсъ обода въ фунтахъ.

Система машинъ.	Для машинъ, не требующихъ большой равномерности движенія.	Для машинъ, требующихъ средней равномерности движенія.	Для машинъ, требующихъ наибольшей равномерности.
Машина съ расширеніемъ; шагунъ длинѣе кривошина въ 5 разъ . . .	3677075	5149705	7354150
Машина безъ холодильника и съ отсѣчкой, на $\frac{1}{2}$ хода	5361975	7506785	10723950
— $\frac{1}{3}$ "	6100000	8540000	1220000
Машина съ холодильникомъ и отсѣчкой на $\frac{1}{3}$ хода	4727675	6618745	9455350

Паровые котлы.

Назначение парового котла приготовить паръ для приведения въ движение паровой машины или же для пользования паромъ для какихъ либо другихъ техническихъ цѣлей. Поэтому котель долженъ давать въ определенное время требуемое обстоятельствами количество пара при возможно меньшемъ расходѣ топлива и безопасности отъ взрыва. Кроме того, котель долженъ быть проченъ, недорогъ и занимать мало мѣста въ каменномъ помѣщеніи. Последнее условіе особенно необходимо для парохолныхъ и паровозныхъ котловъ и вообще тамъ, гдѣ особыя условія постановки котла заставляютъ дорожить мѣстомъ.

Паровые котлы приготовляются чаще всего изъ листовъ котельнаго желѣза, которые сгибаются соотвѣтственно формѣ котла, склеиваются между собою и затѣмъ въ швахъ зачеканиваются. Кроме желѣза для постройки котловъ употребляется литая сталь. Оба эти матеріала постояннѣе другихъ металловъ, достаточно прочны при различныхъ измѣненіяхъ температуры, и если листы чисты, безъ раковинъ и плетъ, и имѣютъ надлежащую толщину, то на безопасность сдѣланнаго изъ нихъ котла можно смѣло положиться.

Соединеніе листовъ должно быть плотное и прочное. Если такой котель правильно установленъ, то при хорошемъ уходѣ за нимъ можетъ служить долго, не теряя своей прочности.

По формѣ паровые котлы раздѣляются на: 1) простые цилиндрическіе котлы съ большимъ водянымъ пространствомъ, 2) котлы съ кипятилниками или нагревателями, а также водотрубные котлы съ малымъ водянымъ пространствомъ и высокимъ давленіемъ пара, 3) Котлы съ внутренними огневыми трубами, 4) котлы смѣшанныхъ системъ, комбинируемые изъ предъидущихъ формъ.

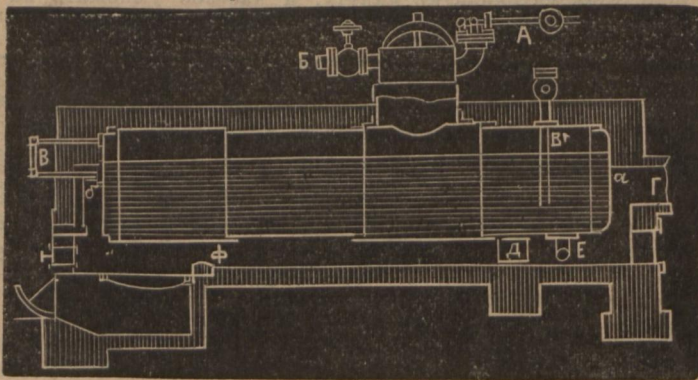


Рис. 112.

По расположенію на мѣстѣ котлы бываютъ горизонтальные или лежаціе и вертикальные или стоячіе. По упругости развиваемаго ими пара различаютъ: котлы низкаго давленія $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ атмосферы, средняго— $1\frac{1}{2}$ —3 атм. и высокаго давленія— болѣе 3 атмосферы.

На рис. 112 изображенъ продольный разрѣзъ цилиндрическаго котла съ наружной тонкой и колосниковой рѣшеткой для сжиганія топлива. Котель этотъ имѣетъ до 12 кв. фут. нагревательной поверхности, что дастъ возможность готовить паръ надлежащей упругости для приведения въ движение паровой машины въ 8 силъ.

Эти цилиндрические котлы, будучи просты въ устройствѣ, весьма прочны, удобно и хорошо отапливаются, почему должны быть признаны полезными и удобопримѣнными.

Газообразные продукты горѣнія, образующіеся на колосниковой рѣшеткѣ, проходятъ подѣ котломъ по направленію отъ Ф къ Г въ дымовую трубу. Они охватываютъ поверхность нагрѣва котла до линіи ба, называемой огневою линіей; В¹—питательная труба, А—предохранительные клапаны; Б—стопорный кранъ, къ которому прикрѣпляется паропроводная труба; В—водомѣрное стекло, Д—поддержки котла. Ниже Г, въ стѣнкѣ топки, имѣется отверстіе для чистки дымового хода.

Дымовыя стѣнки котла, окружающія снаружи топочное пространство, должны быть достаточной толщины. Если печь складываютъ изъ кирпича, то при ходахъ въ 1—2 толщины кирпича, вся толщина кладки будетъ 1½—2½ кирпича.

Когда нѣсколько котловъ стоятъ вмѣстѣ, другъ подлѣ друга, то промежуточные стѣны могутъ быть тоньше. Имъ слѣдуетъ дать только такую толщину, чтобы при передѣлкѣ или починкѣ одного изъ ходовъ, другіе могли бы остаться неповрежденными.

Въ большихъ печахъ устраиваются двустворчатыя дверцы; причемъ край одной половинки, снабженной рукояткой для отпиранія, перекрывается набойкой другой створки. Дверцы вращаются на петляхъ, неподвижная опора которыхъ отлита вмѣстѣ съ рамой, подвижная же часть прикрѣпляется къ дверцамъ помощью заклепокъ. Верхней части рамы часто придаютъ дугообразную форму, удобную для поддержанія свода печи. Чтобы дверцы хорошо запирались, можно ставить ихъ не вертикально, а немного наклонно.

Топочная рама для котла съ двумя кипятильниками устраивается такъ, чтобы верхняя часть ея поддерживала концы кипятильниковъ; самыя же створки имѣютъ круглую форму.

На пароходныхъ и паровозныхъ котлахъ топочныя дверцы помѣщаются обыкновенно очень близко къ огню, отчего они скорѣ портятся. Съ цѣлью предохраненія такихъ дверецъ отъ перегоранія съ внутренней стороны ихъ устраиваютъ охранную плиту, которая имѣетъ почти величину печного отверстія и соединяется съ передней дверцей на разстояніи 4—10 см. шпифтиками. Въ этомъ случаѣ слѣдовательно портится только охранная плита и притомъ не очень сильно, такъ какъ вся она подвергается одинаковому жару, а не охлаждается съ одной стороны.

Всякая печь для парового котла состоитъ изъ трехъ главныхъ частей:

- 1) топки, т. е. помѣщенія, гдѣ происходитъ сжиганіе топлива;
- 2) огневыхъ или дымовыхъ ходовъ и оборотовъ, по которымъ продукты горѣнія, пламя и горячій воздухъ проходятъ вдоль поверхности нагрѣва котла и уносятся чрезъ дымовую трубу въ воздухъ;
- 3) дымовой трубы, служащей для отвода продуктовъ горѣнія въ атмосферу и для образованія тяги, необходимой для горѣнія топлива

Хорошо устроенная топка должна быть приспособлена къ употребляемому топливу, но также необходимо, чтобы и самый котелъ имѣлъ вполне достаточную поверхность нагрѣва, безъ вреда для прочности стѣнокъ котла, т. е. чтобы отъ слишкомъ сильнаго жара стѣнки котла не прогорали.

Конструкція и размѣръ топки зависятъ отъ качества топлива и затрачиваемаго количества его. Чаще всего топка устраивается призматическимъ или цилиндрическимъ помѣщеніемъ изъ каменной кладки или желѣза, или того и другого вмѣстѣ. Во всякомъ случаѣ, слѣдуетъ устраивать топку настолько высокой, чтобы пламя могло развиваться свободно. Высота эта до стѣнки котла должна быть не ниже 40 санти-

метровъ, но лучше, если она больше. Книзу топка ограничивается рѣшеткою, а подъ нею устраивается мѣсто для золы.

Поверхность нагрѣва и паропроизводительность на 1 паровую силу считается 15—20 кв. футъ, для пароходныхъ 6—8, для локомобильныхъ 6—10 и паровозныхъ 4—6 кв. футъ.

На 1 паровую лошадь въ часъ обращается въ паръ приблизительно $\frac{3}{4}$ —1 куб. футъ воды.

На 1 кв. футъ поверхности нагрѣва въ часъ испаряется воды: въ обыкновенныхъ котлахъ 3,5—5 фунтовъ, въ пароходныхъ $6\frac{1}{2}$ — $7\frac{1}{2}$, въ локомобильныхъ $5\frac{1}{2}$ —7 и въ паровозныхъ 10— $10\frac{1}{2}$ куб. фут.

Площадь колосниковой рѣшетки на 1 паровую лошадь для обыкновенныхъ котловъ дѣлается $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ кв. фута при топкѣ каменнымъ углемъ и $\frac{3}{4}$ —1 кв. футъ при топкѣ дровами.

Въ пароходныхъ котлахъ площадь рѣшетки уменьшаютъ до $\frac{1}{26}$ — $\frac{1}{27}$ площади нагрѣва, а въ паровозныхъ— $\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{80}$.

Площадь промежутокъ рѣшетки при топкѣ каменнымъ углемъ и антрацитомъ дѣлается равной $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ всей площади рѣшетки, для лигнита и торфа $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ и для дровъ $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{6}$. Вообще замѣчено, что чѣмъ колосники уже, а разстояніе между ними шире, тѣмъ горѣніе будетъ совершеннѣе, лишь бы не просыпалось въ зольникъ много мусора. Для антрацита нельзя ставить узкихъ колосниковъ, ибо они подъ нимъ сильно накаляются и гнутся отъ жара, и даже могутъ расплавиться. Поэтому, для этого рода топлива всегда употребляются желѣзные колосники и подъ рѣшетку, въ помѣщеніи зольника, ставятъ плоскій сосудъ съ водою.

Вообще опытомъ доказано, что всякій сортъ топлива требуетъ извѣстнаго распозноженія колосниковъ, которое лучше всего опредѣляется на практикѣ.

Что касается разстоянія между рѣшеткой и котломъ, то оно бываетъ различно, въ зависимости отъ рода употребляемаго топлива и системы котла. Такъ, для антрацита это разстояніе дѣлаютъ около 10 дюймовъ, для каменнаго угля—14, кокса—20, древеснаго угля—25 и дровъ—30 дюймовъ.

Толщина слоя топлива опредѣляется исключительно опытомъ, даже для одного и того же рода топлива.

Пламя и продукты горѣнія, образующіеся на колосниковой рѣшеткѣ, слѣдуютъ далѣе по дымовымъ ходамъ или огневымъ каналамъ. Послѣдніе должны быть устроены такъ, чтобы пламя и горячіе газы быстро проходили по нагрѣвательной поверхности. Ширина ихъ—4—6 дюймовъ; поперечное же сѣченіе отдѣльныхъ ходовъ опредѣляется по наименьшему поперечному сѣченію дымовой трубы такъ, чтобы сѣченіе перваго хода было = $1\frac{1}{2}$ наименьшаго сѣченія трубы, а поперечное сѣченіе борова равнымъ наименьшему сѣченію трубы.

При двухъ дымовыхъ ходахъ и боровѣ, первый ходъ дѣлаютъ въ $1\frac{1}{3}$, второй въ 1,25 и боровъ равный наименьшему сѣченію дымовой трубы.

При трехъ ходахъ и боровѣ, первый ходъ долженъ быть = 1,5, второй 1,34 и третій 1,17, а боровъ = наименьшему сѣченію трубы.

Слѣдуетъ избѣгать отклоненія перваго огневого канала, идущаго подъ котломъ въ одну сторону вверхъ, такъ какъ при этомъ отклоненіи въ сторону струя газа перестаетъ быть параллельной котлу и отклоняется въ ту сторону, гдѣ кончается каналъ, такъ что часть нижней поверхности не подвергается дѣйствию струи газа, а истому и не нагрѣвается. Удобнѣе устроить такъ, чтобы первый огневой каналъ при концѣ котла соединялся со вторымъ, или устроить этотъ выходъ по обѣимъ сторонамъ, чѣмъ устраняется отклоненіе струи газа въ одну сторону. Также слѣдуетъ избѣгать внезапныхъ измѣненій въ попереч-

ныхъ каналахъ, хотя такіа измѣненія употребляются въ первомъ огневомъ канатѣ для полученія кругообразнаго движенія газовъ и болѣе совершеннаго ихъ сгоранія.

Длина дымовыхъ ходовъ не должна быть очень велика, именно: при малыхъ топкахъ—около 60 футъ, а при большихъ—90 футъ.

Вода въ котлѣ должна постоянно находиться на такой высотѣ, чтобы уровень ея былъ, по крайней мѣрѣ, на 10 см. выше верхняго края канала.

Въ части дымового хода, заключающейся между котломъ и дымовой трубой, имѣется дымовая камера (боровъ), въ которой помѣщенъ регистръ (задвижка), предназначенная служить для уравненія огня и совершеннаго закрытія печи. Регистръ обыкновенно дѣлаютъ изъ чугуна; онъ долженъ легко и свободно опускаться и подниматься, плотно закрывая, въ случаѣ надобности, выходъ дыма и продуктовъ горенія. Такой регистръ, наиболее употребительной формы, изображенъ на рис. 113. Задвижка R помощью цѣпи съ противовѣсомъ M, перекинутой чрезъ блокъ P, можетъ быть поднимается и опускаема. Такія стоячія или вертикальныя задвижки легко пропускаютъ холодный воздухъ чрезъ верхній пазъ, который поэтому надо насколько возможно сзуть желѣзной рамкой или цементной обдѣлкой.

Дымовой трубѣ для образованія хорошей тяги слѣдуетъ иридать надлежащую вышину, если же этого нельзя сдѣлать, какъ напр. въ паровозныхъ котлахъ, то дѣлаютъ искусственную тягу, чрезъ вытеканіе въ трубу мятаго (отработаннаго) пара.

Наименьшее сѣченіе труба имѣетъ сверху, а внизу она расширяется въ $1\frac{1}{2}$ раза противъ верхняго діаметра. Высота трубы въ постоянныхъ котлахъ дѣлается почти въ 24 раза болѣе верхняго діаметра.

Форма дымовыхъ трубъ бываетъ квадратнаго, восьмиграннаго и круглаго сѣченія.

Кромѣ кирпичныхъ дымовыхъ трубъ для небольшихъ паровыхъ котловъ, а также временныхъ, иногда ставятъ желѣзныя трубы, но такія трубы менѣ прочны, чѣмъ каменные, такъ какъ скоро раздѣаются ржавчиной. Кромѣ того и сила тяги въ нихъ значительно меньше, ибо они быстро выпускаютъ теплоту.

Вода для питанія котла накачивается или помощью насоса двойнаго дѣйствія или же помощью ссобаго прибора, наз. и н ж е к т о р о м ъ. Насосы менѣе употребительны, чѣмъ инжекторы благодаря тому, что инжекторъ доставляетъ воду въ котель, нагрѣтую до 40° , независимо отъ другихъ преимуществъ, о которыхъ скажемъ ниже.

При подъемѣ воды насосомъ надо ралзичать присасываніе отъ нагнетанія. Нагнетать воду можно всегда подходящимъ насосомъ, соотвѣствующею силою и при достаточномъ діаметрѣ трубы, а присасывать воду можно лишь до извѣстнаго предѣла.

При совершенной плотности дѣйствующихъ частей насоса и всасывающей трубы, самой по себѣ и въ своихъ соединеніяхъ, можно присасывать воду на высоту около 24 футовъ по вертикальному измѣренію водяного столба по всасывающей трубѣ; но нельзя ожидать, чтобы насосъ, со своими составными частями, сохранилъ бы навсегда такую необходимую плотность, а потому принято на ерактикѣ высотой при-

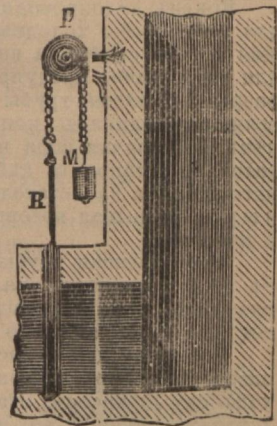


Рис. 113.

сасыванія не переступать нормы 21 футъ и притомъ только для холодной воды. При теплой водѣ способность присасыванія уменьшается, а при горячей—совершенно невозможна.

Вообще, легкость дѣйствія насоса обусловливается быстрою подвижностью воды въ нагнетательной трубѣ и степенью сопротивленія, которое производитъ на работу поршня вода, находящаяся въ движеніи въ нагнетательной трубѣ. Для достиженія этой легкости и во избѣжаніе напрасной траты дѣйствующей силы на треніе въ стѣнкахъ нагнетательныхъ трубъ, послѣднія, а также и всасывающія трубы, должны имѣть діаметръ приблизительно равный половинѣ діаметра поршня насоса.

Въ двудѣйствующемъ насосѣ имѣются четыре клапана: два всасывающихъ и два нагнетательныхъ, причемъ всасываніе и надавливаніе происходитъ по обѣимъ сторонамъ поршня. При движеніи послѣдняго онъ надавливаетъ воду одной стороной, а другой всасываетъ. При обратномъ движеніи поршня всасываніе и надавливаніе происходитъ съ противоположныъ сторонъ поршня.

Конецъ водопроводной трубы опускаютъ въ котель возможно ниже для того, чтобы холодная вода не охлаждала замѣтно горячей. Давящая трубка снабжена внутри, у самаго котла, питательнымъ клапаномъ для того, чтобы предупредить выбрасываніе воды изъ котла въ случаѣ разрыва давящей трубы и неплотнаго закрыванія давящаго клапана, если подъ клапанъ попадетъ кусочекъ твердаго мусора. Если клапана нѣтъ, то горячая вода можетъ попасть изъ котла въ насосъ и слѣдовательно остановить дѣйствіе послѣдняго. На случай порчи питательнаго клапана нагнетательная трубка снабжена краномъ, наз. п и т а т е л ь н ы м ъ, закрывая который можно разъединить эту трубку съ котломъ и насосомъ.

Всасывающая трубка, въ нижней своей части, тоже снабжена всасывающимъ или забирнымъ клапаномъ, предназначеннымъ для удержанія воды во всасывающей трубкѣ, во время остановки дѣйствія котла, а слѣдовательно и питанія его водою.

Для приведенія насоса въ дѣйствіе надо прежде всего открыть питательный кранъ, понемногу и осторожно, а затѣмъ уже пустить въ ходъ самый насосъ. Эта предосторожность необходима въ томъ случаѣ, когда въ давящей трубкѣ нѣтъ клапана, а только питательный кранъ. Исправный насосъ, послѣ нѣсколькихъ движеній поршня, заберетъ и тогда можно будетъ дать насосу полный ходъ. Если насосъ беретъ воду изъ значительной глубины, 2—3 сажени и давленіе пара въ котлѣ велико, то случается иногда, что даже исправный насосъ не заберетъ. Для этого надо открыть воздушный кранъ К, находящейся у крышки цилиндра, или въ верхней части коробки давящаго клапана, и затѣмъ закрыть отверстіе этого крана смоченнымъ водою пальцемъ и пустить насосъ въ дѣйствіе. При всасываніи воздуха палецъ прижмется къ отверстію, т. е. закроетъ кранъ и потому воздухъ можетъ попасть въ насосъ только изъ всасывающей трубы, между тѣмъ какъ сжимаемый въ насосѣ воздухъ будетъ отталкивать палецъ и свободно выходить наружу. Послѣ нѣсколькихъ качаній насоса весь воздухъ будетъ выкаченъ изъ всасывающей трубы. Когда вода изъ этой трубы попадетъ въ насосъ и покажется въ воздушномъ кранѣ, то послѣдній закрываютъ.

Вмѣсто насоса, который вслѣдствіе различныхъ причины иногда дѣйствуетъ плохо, часто засаривается и дурно подаетъ воду, въ хорошихъ котлахъ устанавливаютъ инжекторы, т. е. приборы, въ которыхъ вода помощью пара взбрызгивается въ котель.

Дѣйствіе инжектора можно объяснить такъ: положимъ, что въ стѣнкѣ парового котла, наполненнаго водой и паромъ, сдѣлано отверстіе, закрытое изнутри клапаномъ, открывающимся во внутрь котла и

следовательно давлением пара такой клапанъ, можетъ быть прижать къ краямъ отверстія и плотно закрыть его. Если мы направимъ снаружи очень сильную струю воды на этотъ клапанъ, то онъ неминуемо откроется и струя воды ворвется во внутрь котла. Такая именно сильная струя воды получается помощью инжектора, въ которомъ по различнымъ трубкамъ вступаютъ паръ изъ котла и вода изъ резервуара. Быстро

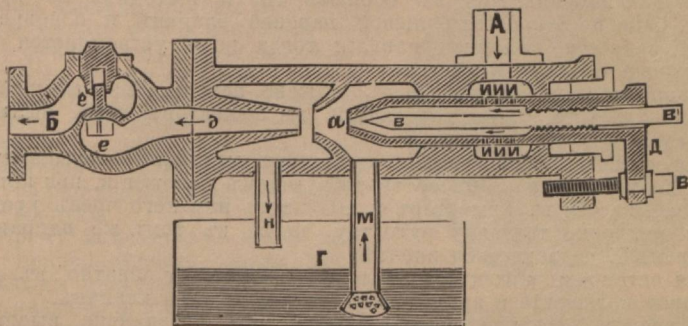


Рис. 114.

движущійся паръ встрѣчается въ инжекторѣ съ водою, ударяетъ въ нее и гонитъ въ питательную трубку, снабженную нагнетательнымъ клапаномъ. Напоромъ этой струи клапанъ откроется и вода войдетъ въ котель.

На рис. 114 показанъ наиболѣе распространенный инжекторъ Жифара, который соединяется съ котломъ помощью трубокъ А и В. Паръ, протекающій чрезъ трубку А, входитъ въ пустое пространство трубки ВВ. Посредствомъ стержня В можно открывать и закрывать коническое отверстіе а этой трубки.

Когда отверстіе а открыто, паръ войдетъ въ каналъ d и отчасти конденсируется, т. е. превращается въ воду, причемъ образуется разрѣженное пространство и тогда холодная вода всасывается изъ резервуара Г по трубѣ М. Притекающая вода нѣсколько охлаждаетъ горячую и такимъ образомъ получается теплая вода. Последняя устремляется къ клапану е, преодолеваетъ давление холодной воды на клапанъ и вступаетъ въ котель.

Помощью винта В можно передвигать трубку ВВ и регулировать притокъ воды. Трубка п служитъ для стока излишней воды.

Другой, также довольно распространенный, инжекторъ Кертинга показанъ на рис. 115. Въ сущности онъ состоитъ изъ двухъ инжекторовъ, заключенныхъ рядомъ въ одну общую коробку и соединенныхъ между собою такъ, что нагнетающая или напорная камера одного изъ нихъ сообщается съ сгущающей камерой другого. Первый инжекторъ

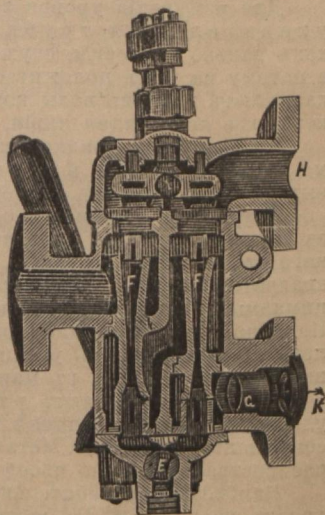


Рис. 115.

всасывает воду и подводит ее под некоторым давлением к другому, из которого нагнетается при усиленном давлении в котлѣ.

Работа инжектора происходит такъ. Помощью рукоятки открываютъ паровой клапанъ, причемъ въ приборъ всасывается вода, которая въ первое время выпускается по каналу Н наружу. Дальнѣйшимъ движениемъ рукоятки Е закрывается краномъ выходъ воды этимъ каналомъ, и она направляется къ сопламъ FF и выходитъ по другому каналу, пока не откроется большой паровой клапанъ и одновременно кранъ Е закроетъ и другой каналъ; тогда вода устремляется чрезъ шиатальный клапанъ С въ котель.

Паропроводъ для инжекторовъ долженъ исходить изъ высшей части паровика для того, чтобы вступающій въ инжекторъ паръ былъ возможно сухе.

Для приведенія въ дѣйствіе инжектора медленно открываютъ рукоятку до установки ея въ соответствующемъ положеніи, при которомъ вода всасывается въ инжекторъ и вытекаетъ изъ него чрезъ кранъ Е. Затѣмъ медленно двигаютъ рукоятку далѣе въ томъ же направленіи, пока кранъ Е не закроется вполне.

Для остановки инжектора отклоняютъ рукоятку обратно въ первоначальное положеніе и закрываютъ паропроводный клапанъ.

Во всякомъ паровомъ котлѣ должна быть обозначена высота, до которой въ ней должна стоять вода, чѣмъ и опредѣляется водяное и паровое пространство въ котлѣ. Обыкновенно котель наполняютъ водой до $\frac{2}{3}$ его вмѣстимости, но при томъ однако условіи, чтобы уровень воды въ котлѣ былъ не менѣе чѣмъ на 4 дюйма выше верхнихъ стѣнокъ дымовыхъ ходовъ для того, чтобы всѣ мѣста стѣнокъ котла, къ которымъ прикасаются горячіе газы, были наполнены водой. Это дѣлается во избѣжаніе сильнаго накаливанія стѣнокъ, отчего можетъ произойти взрывъ.

Для измѣренія уровня воды служатъ пробныя краны и водозаказательныя трубки. Первые приносятъ мало пользы, такъ какъ далеко не всегда служатъ вѣрными указателями горизонта воды, а потому на нихъ положиться нельзя. Много точнѣе, чѣмъ краны, показываютъ уровень воды водомѣрныя или водоуказательныя трубки, въ которыхъ ясно видна линія, отдѣляющая пары отъ воды.

Необходимую принадлежность всякаго парового котла составляетъ манометръ или паромѣръ — приборъ, предназначенный показывать существующее давленіе пара въ котлѣ.

Устройство манометра основано на принципѣ барометра, причемъ за единицу давленія принято атмосферное давленіе при высотѣ ртутнаго столба въ 30 дюймовъ. Мы уже знаемъ, что это давленіе на одинъ квадратный дюймъ поверхности стѣнокъ котла равно 16,32 фунта, принимаемыхъ при практическихъ вычисленіяхъ равнымъ 15 фунтамъ. Подобно тому, какъ въ барометрѣ ртутный столбъ поддерживается давленіемъ воздуха, отъ увеличенія или уменьшенія котораго зависитъ высота этого столба, въ манометрѣ дѣйствуетъ упругая жидкость-паръ.

Манометры бываютъ ртутныя и пружинныя. Первые менѣе удобны по своей величинѣ и непрочности, а потому употребленіе ихъ совершенно оставлено. Металлическіе манометры пользуются всеобщимъ распространеніемъ по своей компактности и удобству измѣренія ими.

Наиболѣе употребительный манометръ Шефера и Буденберга показанъ на рис. 116. Въ немъ изогнутая волнообразная пластинка а зажата между двумя фланцами и защищена отъ сырости, подложенной подъ нее каучуковой пластинкой в, которая кромѣ того служитъ для уплотненія. Подходящій подъ в паръ сгибаетъ пластинку а, сообразно своей упругости болѣе или менѣе. Величина этого прогиба, а следовательно и давленія пара показывается стрѣлкою d на циферблатѣ е—е.

Даже самые малые изгибы стальной пластинки передаются помощью небольшого зубчатого привода с на стрѣлку.

При опредѣленіи давленія пара обозначаютъ только дѣйствительное давленіе или избытокъ упругости пара, превышающій давленіе атмосфернаго воздуха. Но такъ какъ паръ котлѣ имѣетъ еще 1 атмосферу или въ 15 фунтовъ на квадратный дюймъ упругости болѣе избытка, показываемаго манометромъ, то послѣднее показаніе манометра достаточно для узнаванія давленія пара, ибо вышеупомянутая 1 атмосфера служитъ для уравновѣшенія давленія наружнаго воздуха.

Кромѣ манометра не менѣе важную принадлежность котла представляютъ предохранительные клапаны, назначеніе которыхъ выпускать автоматически изъ котла паръ излишней упругости, т. е. когда паръ достигнетъ наибольшаго, допускаемаго для котла давленія.

Предохранительные клапаны бываютъ трехъ родовъ: съ непосредственной нагрузкой, нагрузкой на рычагъ и пружинные.

Клапаны съ непосредственной нагрузкой въ настоящее время совершенно оставлены и замѣнены клапанами съ нагрузкой на рычагъ. Что же касается пружинныхъ клапановъ, то они употребляются на пароходахъ, локомотивахъ и локомобиляхъ.

На рис. 117 изображенъ предохранительный клапанъ съ нагрузкой на рычагъ.

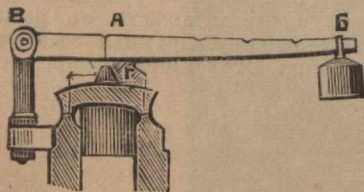


Рис. 117.

должны быть равны давленію пара, дѣйствующему снизу вверхъ на площадь діаметра Г.

Для избѣжанія ненормальнаго давленія пара, и чтобы сдѣлать взрывы котла невозможными, отверстіе предохранительнаго клапана должно быть такого діаметра, чтобы при паденіи клапана могло пройти столько пара, сколько его образуется въ то время. Такъ какъ скорость истеченія пара возрастаетъ вмѣстѣ съ упругостью, то, слѣдовательно, при одной и той же силѣ парообразованія можно дѣлать отверстіе клапана тѣмъ меньше чемъ, выше нормальное давленіе пара въ котлѣ.

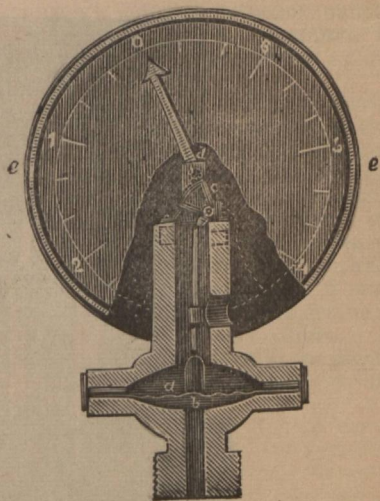


Рис. 116.

Клапанъ, закрывающій гнѣздо, долженъ быть сдѣланъ изъ прочнаго матеріала; чаще всего его дѣлаютъ изъ бронзы и плотно пришлифовываютъ къ гнѣзду. Клапанъ Г непосредственно соединенъ съ рычагомъ, имѣющимъ точку вращенія въ В.

На клапанъ давятъ: вѣсъ клапана, вѣсъ рычага, перенесенный изъ его центра тяжести въ центр А клапана. Эти три вѣса въ совокупности, въ моментъ открытія клапана,

На пароходахъ и паровозахъ употребляется пружинный клапанъ, изображенный на рис. 118. Онъ состоитъ изъ двухъ цилиндрическихъ стакановъ, закрываемыхъ клапанами, которые непосредственно при-

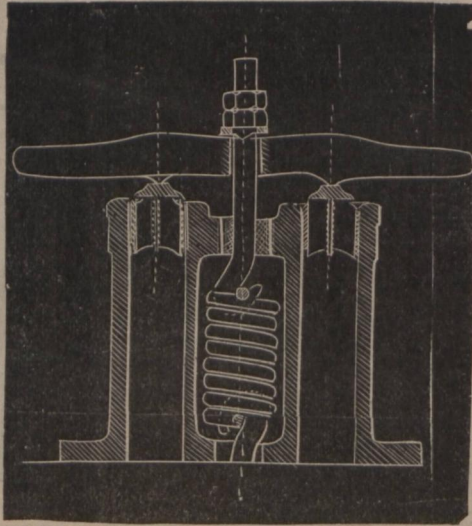


Рис. 118.

крѣплены къ рычагу; послѣдній посредствомъ вертикальнаго стержня съ крючкомъ захватываетъ пружину, нижній конецъ которой прикрѣпленъ къ другому крючку, у дна прибора. Клапанъ устанавливается съ непосредственной нагрузкой на рычагъ; грузъ устанавливается для наибольшаго давления пара, допускаемаго при работѣ котла. Когда давление пара перейдетъ за этотъ высшій предѣлъ, то паръ будетъ давить на клапаны, закрывающіе стаканы, отчего клапаны вмѣстѣ съ рычагомъ поднимутся и дадутъ свободный выходъ пару. Пружина въ этомъ случаѣ растягивается и удерживаетъ клапана отъ выбрасыванія ихъ наружу.



Паровыя машины.

Парь, образующійся въ котлѣ, содержитъ въ себѣ извѣстный запасъ работы, пропорціональный его количеству и давленію. Этотъ парь можетъ служить для приведенія въ движеніе поршня паровой машины.

Паровой цилиндръ, въ которомъ движется поршень, состоитъ изъ пустотѣлаго чугунаго цилиндра, имѣющаго въ поперечномъ сѣченіи кругъ.

Цилиндръ съ обѣихъ концовъ закрытъ крышками. Передняя крышка цилиндра въ срединѣ имѣетъ отверстіе для пропуска поршневого стержня. Часто удлинненный стержень поршня пропускается также и сквозь заднюю крышку цилиндра, отчего движеніе поршня будетъ болѣе равномернo и онъ менѣе изнашивается. Крышки скрѣпляются съ тѣломъ цилиндра болтами и для большей плотности, чтобы парь не могъ проiakнуть въ цилиндръ, между фланцами кладутъ резиновыя кольца или азбестовую подкладку. Въ стѣнкахъ цилиндра имѣются отверстія, называемыя паровыми окошками, посредствомъ которыхъ, и парь-распределительнаго прибора, можно сообщить паровой цилиндръ, по желанію, или съ паровымъ котломъ, или съ наружнымъ воздухомъ.

Парь изъ парового котла приводится трубою а (рис. 119) въ распределительную коробку в и оттуда въ цилиндръ чрезъ каналъ с. Изъ

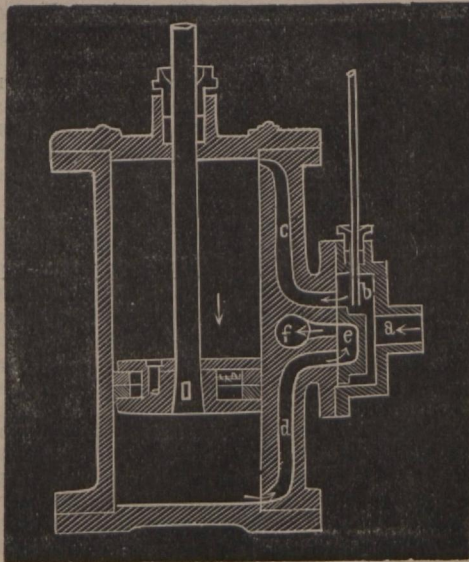


Рис. 119.

подъ поршня парь выводится каналомъ d подъ золотникъ e въ выводную трубу f. Роли каналовъ с и d попеременно мѣняются, вслѣдствіе перемѣннаго движенія золотника.

Въ цилиндрѣ, какъ мы уже упомянули выше, находится поршень, которымъ внутреннее пространство цилиндра дѣлится на два отдѣленія, причѣмъ каждое изъ нихъ имѣетъ одно или два паровыхъ окошка.

Если паровой цилиндръ съ одной стороны поршня сообщитъ съ паровымъ котломъ, а съ другой стороны—съ наружнымъ воздухомъ, то давленія съ обѣихъ сторонъ поршня будутъ не одинаковы.

Давленіе со стороны парового котла будетъ больше, и оно заставить поршень передвинуться въ сторону окошка, сообщающаго цилиндръ съ наружнымъ воздухомъ, причемъ поршень произведетъ давленіе на все, что мѣшаетъ этому передвиженію.

Такимъ образомъ поршень передвигается отъ одного конца цилиндра до другого, или, какъ говорятъ, сдѣлаетъ полный ходъ. Если же, наоборотъ, сообщить съ воздухомъ отдѣленіе, которое наполнилось паромъ, а свѣжій паръ изъ котла пустить во второе отдѣленіе цилиндра, тогда поршень передвинется въ обратную сторону и сдѣлаетъ обратный ходъ. При такихъ передвиженіяхъ поршня свѣжій паръ будетъ поступать попеременно, то въ одно, то въ другое отдѣленіе цилиндра и, произведя давленіе на поршень, уходитъ изъ цилиндра въ воздухъ при обратномъ движеніи поршня.

Давленіе поршня измѣряется разностью между давленіемъ пара и воздуха, дѣйствующими на обѣ стороны поршня. Эта сила будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше давленіе пара со стороны входа его въ цилиндръ и тѣмъ меньше давленіе со стороны выхода пара въ воздухъ.

Давленіе свѣжаго пара на поршень наз. давленіемъ, а со стороны противоположной давленію пара, т. е. со стороны воздуха—противодавленіемъ.

Отсюда понятно, что для увеличенія давленія пара на поршень необходимо, чтобы паръ поступалъ изъ котла въ цилиндръ подъ большимъ давленіемъ; для уменьшенія же противодавленія надо сообщить паровой цилиндръ не съ воздухомъ, а съ какимъ либо приборомъ, при помощи котораго отработанный паръ сгущаютъ въ воду.

Такой приборъ наз. холодильникомъ или конденсаторомъ. Въ немъ охлажденіе и сгущеніе пара производится помощью холодной воды. Сгущенный паръ вмѣстѣ съ охлаждающею его водою выкачивается изъ холодильника особымъ насосомъ, и тогда въ холодильникъ образуется пустота и слѣдовательно на поршень машины будетъ дѣйствовать весьма малое противодавленіе.

Въ зависимости отъ того, имѣетъ ли машина холодильникъ или нѣтъ, ихъ подраздѣляютъ на машины съ охлажденіемъ и безъ охлажденія. Кромѣ того въ однихъ машинахъ паръ изъ котла впускается подъ поршень въ продолженіи всего его хода и все время производитъ на него давленіе, слѣдовательно, при выпускѣ изъ цилиндра, паръ будетъ имѣть почти тоже давленіе какое имѣлъ при входѣ въ машину. Этого рода машины наз. машинами полного давленія. Въ нихъ мятый или отработанный паръ, имѣющій большое давленіе, могъ бы еще давить на поршень и производить работу.

Въ другихъ машинахъ впускъ пара въ цилиндръ прекращается раньше, чѣмъ поршень дойдетъ до конца хода, т. е. паръ входитъ въ цилиндръ только въ продолженіи нѣкоторой части хода, остальную часть его поршень дѣлаетъ подъ давленіемъ замкнутаго и расширяющагося въ цилиндрѣ пара. Давленіе такого пара будетъ тѣмъ меньше, чѣмъ больше онъ расширяется. Поршень можетъ двигаться до тѣхъ поръ, пока давленіе пара не сдѣлается равнымъ противодавленію.

Такого рода машины наз. машинами съ отсѣчкой или съ расширеніемъ пара, потому что, въ нихъ паръ давитъ на поршень и тогда, когда расширяется. Чѣмъ меньшее количество пара впускается въ цилиндръ, тѣмъ расширеніе его будетъ больше.

Длину пути, проходимаго поршнемъ отъ начала его хода до мѣста въ которомъ происходитъ отсѣчка пара, наз. величиною отсѣчки; длину же остальной части хода поршня наз. величиною расширенія.

Отсѣчка пара допускается на $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{3}$ хода поршня.

Для того чтобы отсѣкать паръ на $\frac{1}{4}$ хода поршня, давленіе въ

котлѣ должно быть не менѣе 80 фунтовъ; на $\frac{1}{3}$ хода поршня 56 фунтовъ и $\frac{1}{2}$ хода поршня 32 фунта сверхъ атмосфернаго. Чаще всего довольствуются расширеніемъ на $\frac{1}{3}$ хода поршня.

Въ практикѣ паровыя машины различаются не только по своей конструкции и назначенію, но также и дѣйствию пара на поршень цилиндра. По роду дѣйствія пара машины бываютъ: 1) безъ расширенія и безъ сгущенія пара, 2) безъ расширенія, но съ сгущеніемъ пара, 3) съ расширеніемъ и безъ сгущенія пара и 4) съ расширеніемъ и съ сгущеніемъ пара.

Машины низкаго давленія строятъ безъ расширенія и съ сгущеніемъ пара, такъ какъ рабочій паръ въ этихъ машинахъ не имѣетъ избытка давленія (сверхъ атмосфернаго) болѣе 1 атмосферы. Въ машинахъ безъ расширенія и безъ сгущенія мятый паръ выпускается въ воздухъ, паръ дѣйствуетъ полнымъ давленіемъ на заднюю сторону поршня въ теченіе всего хода поршня. Машины эти работаютъ паромъ высокаго давленія и расходуютъ его довольно много, сравнительно съ другими машинами.

Паровыя машины съ расширеніемъ, но безъ сгущенія пара тоже строятся высокаго давленія и принадлежатъ къ числу выгодныхъ и удобныхъ къ постановкѣ двигателей. Что касается до паровыхъ машинъ съ расширеніемъ и сгущеніемъ, то эти машины соединяютъ въ себѣ всѣ выгоды машинъ второго и третьяго рода.

Расширеніе или отсѣчка пара не всегда производится въ одномъ цилиндрѣ; часто для этой цѣли устриваются два цилиндра, съ отдѣльнымъ, въ каждомъ изъ нихъ, движущимся поршнемъ; при этомъ оба поршня совершаютъ свои размахи одновременно, но объемъ, описываемый однимъ изъ поршней, менѣе описываемаго другимъ поршнемъ; въ этомъ случаѣ съ котломъ соединяется только одинъ изъ цилиндровъ—меньшій, и паръ, окончившій свое дѣйствіе въ этомъ цилиндрѣ, выпускается въ цилиндръ большаго объема, гдѣ дѣйствуетъ только расширеніемъ, а затѣмъ выпускается какъ мятый паръ въ холодильникъ. Задняя сторона малаго поршня принимаетъ давленіе притекающаго изъ котла свѣжаго пара; передняя сторона большаго цилиндра постоянно сообщается съ холодильникомъ. Напротивъ, передняя сторона малаго цилиндра постоянно соединяется съ задней стороною большаго поршня, отчего расширяющійся паръ дѣйствуетъ одновременно на оба поршня, толкая обратно малый поршень и двигая впередъ большей. Такія машины, въ которыхъ паръ послѣдовательно проходитъ черезъ оба цилиндра, наз. с л о ж н ы м и м а ш и н а м и, въ отличіе отъ машинъ, въ которыхъ паръ дѣйствуетъ только въ одномъ цилиндрѣ. Первые часто называются машинами Вульфа, по имени ихъ изобрѣтателя. При одинаковой степени расширенія, работа машины Вульфа равна работѣ одноцилиндровой машины, размѣръ цилиндра которой равенъ размѣру большаго цилиндра первой. Машина Вульфа имѣетъ то преимущество передъ одноцилиндровой машиной, что при одинаковой работѣ, въ первой требуется меньшее напряженіе пара чрезъ зазоры поршней и золотниковъ и меньшая конденсація пара о стѣнки цилиндровъ.

Сложныя машины бываютъ двухъ родовъ: 1) когда оба поршня цилиндра находятся одновременно въ мертвыхъ точкахъ и также въ одно время изъ нихъ выходитъ, причемъ сообщеніе между цилиндрами, соотвѣтствующее началу перехода пара изъ малаго цилиндра въ большой происходитъ въ то время, когда оба поршня находятся въ мертвой точкѣ, то другой стоитъ въ срединѣ размаха и на оборотъ.

Въ послѣднемъ случаѣ между цилиндрами устривается ресиверъ (пріемникъ), въ который выпускается паръ окончившій свое дѣйствіе въ маломъ цилиндрѣ, для чего резервуаръ сообщается съ тою частью малаго цилиндра, въ которомъ содержится паръ, окончившій въ немъ

свое дѣйствіе, въ то время какъ поршень совершаетъ свой размахъ до другой мертвой точки. Въ большой цилиндръ паръ вступаетъ изъ ресивера, который сообщается съ большимъ цилиндромъ, когда его поршень находится въ мертвой точкѣ; это сообщеніе продолжается до того времени, пока поршень большого цилиндра доходить до середины своего размаха, а затѣмъ оно прекращается. Паръ, перешедшій въ большой цилиндръ, расширяется въ немъ, пока его поршень не достигнетъ другой мертвой точки, гдѣ этотъ цилиндръ, наполненный окончившимъ свое дѣйствіе паромъ, сообщается съ холодильникомъ, куда паръ и выпускается при обратномъ размахѣ поршня.

Паръ, выходящій изъ парового котла, не бываетъ вполнѣ сухъ, но уноситъ съ собой извѣстный процентъ воды, которая сгущается въ паропроводѣ и въ паровомъ цилиндрѣ. Для того, чтобы эта вода не мѣшала движенію цилиндра, ее необходимо спускать чрезъ продувальные клапаны.

Весьма важное значеніе для дѣйствія паровой машины имѣетъ плотная пригонка поршня, т. е., чтобы паръ не могъ проникать между поршнемъ и стѣнками цилиндра. Полная непроницаемость или уплотненіе достигается при помощи такъ называемыхъ поршневыхъ колець, которыя надѣваются на тѣло поршня и прижимаются къ стѣнкамъ цилиндра своею упругостью. Способностью пружинить должны обладать или самыя кольца, или же особыя пружины, подкладываемыя подъ кольца. Тѣло поршня и поршневые кольца чаще всего дѣлаются изъ чугуна, а пружины изъ стали. Вообще, на поршневые кольца употребляется матеріалъ нѣсколько мягче, чѣмъ для отливки цилиндра, именно съ тою цѣлью, чтобы стѣнки цилиндра менѣе истирались, чѣмъ кольца, такъ какъ легче замѣнить поршневые кольца, чѣмъ расточить истершіяся стѣнки цилиндра.

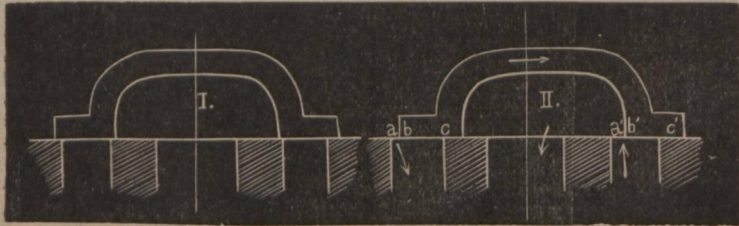


Рис. 120.

Для впуска пара въ цилиндръ и регулированія расхода его во время хода машины служитъ особый механизмъ—паровая коробка, въ которой ходитъ параллельно поршневому стержню (штоку) такъ наз. золотникъ. Этотъ золотникъ, попеременно закрывающій и открывающій то или другое отверстіе (паровое окошко), находится въ строгой зависимости отъ того или иного положенія поршня. Такимъ образомъ, золотникъ распределяетъ паръ въ паровомъ цилиндрѣ то закрывая, то открывая каждое изъ паровпускныхъ отверстій вслѣдствіе чего то выпускаетъ паръ подъ поршень, то выпускаетъ отработанный паръ, снова выпускаетъ паръ подъ поршень и снова выпускаетъ его и т. д.

Движеніе золотника должно предшествовать движенію поршня такъ, чтобы золотникъ открывалъ паровыпускныя отверстія прежде, нежели опршень дойдетъ до конца своего хода. Это своевременное открываніе

отверстій для впускания и выпуска пара производится при известномъ соотношеніи размѣровъ золотника и паропроводныхъ путей, также посредствомъ известнаго положенія эксцентрика, и называется предускореніемъ золотника.

Когда поршень находится въ концѣ своего хода, то золотникъ (рис. 120) долженъ быть не въ срединѣ I, но въ положеніи II. Тогда паръ чрезъ отверстіе ab входитъ, а чрезъ отверстіе a'b' выходитъ. При этомъ также

должно быть предускореніе для впуска $\frac{ab}{ac} = \frac{1}{60}$ до $\frac{1}{40}$.

Предускореніе для выпуска $\frac{a'b'}{a'c'} = \frac{1}{15}$ до $\frac{1}{10}$.

Къ поршню прикрѣпленъ стержень или штокъ; для этого въ срединѣ поршня просверлено коническое отверстіе, сквозь которое пропущенъ утолщенный конецъ стержня, заклепанный на противоположномъ концѣ или же удерживаемый на мѣстѣ гайкой. Иногда поршневой стержень въ горизонтально стоящихъ цилиндрахъ пропускается сквозь заднюю крышку цилиндра, такъ что поршень поддерживается на вѣсу и не давитъ на стѣнку цилиндра, чѣмъ и устраняется ихъ истираніе.

Стержень цилиндра движется въ направляющихъ, а свободный конецъ его вставляютъ въ головку шатуна и соединяется съ ней посредствомъ шарнира. Другой конецъ шатуна соединенъ съ кривошипомъ, укрѣпленномъ на главномъ валу, такъ что прямолинейное движеніе поршня и стержня преобразовывается въ круговое вращательное движеніе вала. Послѣдній устанавливается на подшипникахъ съ бронзовыми вкладышами и крышками плотно притянутыми болтами къ тѣлу подшипника.

Кромѣ только что указанныхъ частей, всякая постоянная паровая машина снабжается маховымъ колесомъ и регуляторомъ, которые предназначены для того, чтобы сообщить машинѣ равномерный ходъ.

Центробѣжный регуляторъ служитъ для регулированія поступленія пара въ цилиндръ. Онъ состоитъ изъ вертикальной оси, которая получаетъ вращеніе отъ вала машины, при посредствѣ привода съ зубчатой передачей, такъ называемымъ безконечнымъ винтомъ.

На концѣ вертикальной оси подвѣшаны на шарнирахъ два тяжелыхъ шара, которые при вращеніи, влѣдствіе центробѣжной силы, стремятся разойтись въ разныя стороны и расходятся тѣмъ больше, чѣмъ вращеніе будетъ быстрее. Съ подвѣсками шаровъ соединены на шарнирахъ двѣ короткія планки, которыя, при расхожденіи шаровъ въ разныя стороны, поднимаютъ свободно надѣтую на ось регулятора муфту. Въ этой муфтѣ сдѣлана вырѣзка, въ которую вставленъ великообразный конецъ колѣнчатаго рычага, поворачивающійся около неподвижной точки и соединяющійся особымъ приводомъ съ осью, расположеннаго на паро-

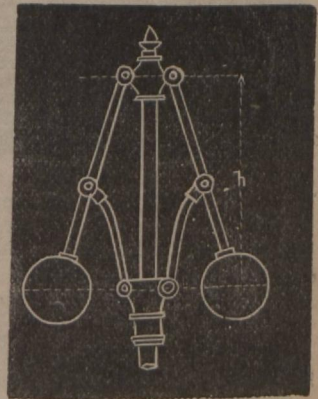


Рис. 121.

проводной трубѣ, клапана, въ дискѣ, который, поворачиваясь, открываетъ въ большей или меньшей степени проходъ для пара въ цилиндръ. Когда шары висятъ свободно, дисковый, или иначе называемый дыхательный, клапанъ бываетъ открытъ вполне, когда же при вращеніи вала машины, а слѣдовательно и соединенной съ ней оси регулятора, шары болѣе или менѣе расходятся, клапанъ регулятора прикрываетъ впускъ пара и притомъ тѣмъ больше, чѣмъ быстрѣе происходитъ указанное вращеніе. Такимъ образомъ регуляторъ не позволяетъ машинѣ переходить за опредѣленную скорость, на которую онъ установленъ. вмѣстѣ съ тѣмъ, когда двигатель начинаетъ замедлять свой ходъ, вслѣдствіе какой либо причины, какъ напр. увеличенія числа работающих станковъ, уменьшенія давленія пара въ котлѣ и т. п., шары регулятора тотчасъ же сближаются между собою на соответственное разстояніе и тѣмъ самымъ увеличиваютъ впускъ пара въ цилиндръ.

Такимъ образомъ этотъ центробѣжный регуляторъ съ достаточною для практики точностью и равномерностью, безъ рѣзкихъ и порывистыхъ толчковъ, регулируетъ впускъ пара и его давленіе, а слѣдовательно и скорость хода поршня; сообщеніе между цилиндрами, соответствующее началу перехода пара изъ малаго цилиндра въ большой, происходитъ въ то время, когда оба поршня стоятъ въ мертвой точкѣ.

Во всякой паровой машинѣ парораспределительный приборъ имѣетъ весьма существенное значеніе, такъ какъ отъ правильной установки его зависитъ правильный ходъ машины.

Къ числу парораспределительныхъ приборовъ принадлежатъ: простой и двойной золотникъ Майера, клапаны и золотники съ кулисами.

Простой золотникъ представляетъ собой ящикъ безъ крышки, лежащій дномъ кверху, на лицѣ цилиндра въ золотниковой коробкѣ, какъ показано на рис. 122. В—золотникъ; ГГ—скоба съ винтомъ; Е—золотниковый стержень; ВВ и А—паровпускныя окошки и Д—каналъ, ведущій въ паропроводную трубу.

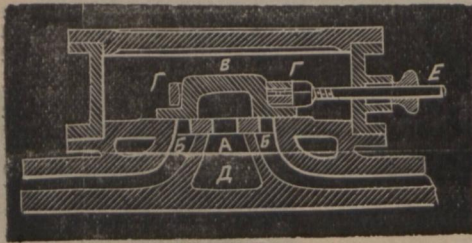


Рис. 122.

центра. Разстояніе отъ центра дыры до центра шайбы наз. длиною эксцентрика или эксцентриситетомъ. При вращеніи шайбы центръ ея описываетъ около центра вала кругъ, діаметръ котораго равенъ удвоенной длинѣ эксцентриситета. Линія, проходящая чрезъ центры шайбы и ея дыры, наз. осью эксцентрика.

Шайба, вращающаяся въ хомутѣ, передвигаетъ его съ одной стороны въ другую и обратно на величину, которая равна діаметру круга, описываемаго центромъ шайбы. При каждомъ оборотѣ вала хомутъ, тяга и золотники передвигаются то въ одну, то въ другую сторону на величину, равную удвоенной длинѣ эксцентриситета.

При такомъ движеніи золотникъ то открываетъ собой оба паровпускныя окна, то открываетъ и такимъ образомъ паръ, смотря по надобности, поподаетъ подъ поршень и, произведя работу поѣма, выпускается изъ него, и т. д.

Золотникъ приводится въ движеніе эксцентрикомъ, который состоитъ изъ шайбы ВВ, насаженной на валу А и изъ хомута С, вращающагося около шайбы и соединеннаго съ тягой, которая въ свою очередь соединена съ стержнемъ рамки, охватывающей золотникъ.

Дыра въ шайбѣ высверливается не посрединѣ ея, а на нѣкоторомъ разстояніи внѣ

Двойной золотникъ (рис. 123) состоитъ изъ двухъ частей, изъ которыхъ нижняя представляетъ обыкновенный золотникъ съ двумя щелями ВВ въ концѣ толстыхъ стѣнокъ, наз. распределительнымъ золотникомъ. Въ ней лежитъ вторая часть Г, имѣющая видъ пластинки при помощи которой часть Г, имѣющая видъ пластины, помощью которой

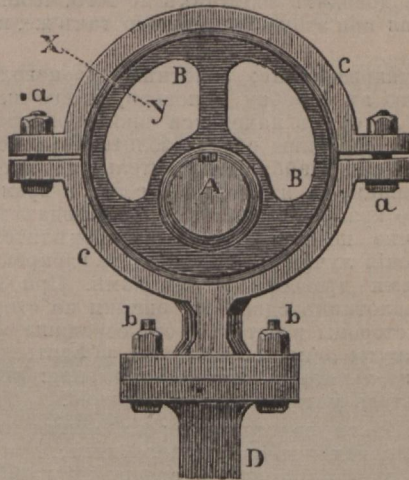


Рис. 123.

можно закрывать то одну, то другую щель. Это такъ называемый, расширительный золотникъ. Каждый изъ этихъ золотниковъ соединяется посредствомъ стержней В и б и тяги, съ отдѣльными эксцентриками.

Распределительный золотникъ дѣйствуетъ совершенно такъ же, какъ простой, описанный выше, золотникъ безъ перекрышекъ. Расширительный же золотникъ опережаетъ его при движеніи и закрываетъ то одну, то другую щель раньше, чѣмъ распределительный придетъ къ концу своего хода. Такимъ образомъ, впускъ пара изъ золотниковой коробки въ цилиндръ, черезъ щели золотника, прекращается раньше, чѣмъ поршень дойдетъ до мертвой точки; слѣдовательно, получится расширение пара. Чѣмъ больше опереженіе расширительнаго золотника, тѣмъ раньше будутъ закрываться щели распределительнаго золотника и тѣмъ больше будетъ расширение пара въ цилиндрѣ.

Повѣрка двойнаго золотника производится совершенно такъ же, какъ и простаго, причемъ надо обращать вниманіе на то, чтобы щели совпадали съ паровыми окошками и чтобы расширительный золотникъ лежалъ какъ разъ на срединѣ распределительнаго въ то время, когда онъ стоитъ на срединѣ своего хода.

Установка двойнаго золотника производится такъ: прежде всего устанавливаютъ распределительный золотникъ; для этого устанавливаютъ поршень въ мертвую точку и вращаютъ шайбу распределительнаго золотника по направленію движенія машины до тѣхъ поръ, пока въ щели золотника не покажется нѣкоторая часть того пароваго окошка, которое лежитъ ближе мѣста стоянія поршня; эта-то часть и будетъ опереженіемъ. Послѣ того закрѣпляютъ временно шайбу и поворачиваютъ

вают валъ машины до тѣхъ поръ, пока поршень не придетъ во вторую мертвую точку.

Если при этомъ во вторую щель золотника будетъ видна такая же часть второго парового окошка, какая была видна при первомъ окошкѣ, то значитъ опереженіе съ обѣихъ сторонъ одинаково и распредѣлительный золотникъ установленъ вѣрно; тогда уже шайбу закрѣпляютъ. Въ противномъ случаѣ доводятъ золотникъ до того, чтобы опереженія были одинаковы, поступая при этомъ совершенно такъ же, какъ при простомъ золотникѣ.

Установку расширительнаго золотника производятъ такимъ образомъ: помѣстивъ его въ коробку и повернувъ его шайбу въ то же самое положеніе, въ которомъ находится шайба распредѣлительнаго золотника такъ, чтобы середины обѣихъ золотниковъ совпали другъ съ другомъ, поворачиваютъ шайбу расширительнаго золотника по направленію вращенія машины, на нѣкоторый уголъ и временно закрѣпляютъ шайбу; послѣ этого вращаютъ машину и наблюдаютъ движеніе расширительнаго золотника по поверхности распредѣлительнаго. Для удобства этого наблюденія лучше всего посылать распредѣлительный золотникъ между мелкими древесными опилками. При вращеніи машины, расширительный золотникъ сдвинетъ опилки на стороны; если теперь промѣрить въ обѣ стороны разстоянія отъ середины золотника до мѣсть, въ которыхъ сдвинуты опилки, то легко убѣдиться въ правильности установки расширительнаго золотника, а именно: если эти разстоянія равны, то расширитель установленъ правильно.

Установка двойнаго золотника производится такъ: прежде всего устанавливаютъ распредѣлительный золотникъ; для этого устанавливаютъ поршень въ мертвую точку и вращаютъ шайбу распредѣлительнаго золотника по направленію движенія машины до тѣхъ поръ, пока въ щели золотника не покажется нѣкоторая часть того парового окошка, которое лежитъ ближе мѣста стоянія поршня; эта-то часть и будетъ опереженіемъ. Послѣ того закрѣпляютъ временно шайбу и поворачиваютъ валъ машины до тѣхъ поръ, пока поршень не придетъ во вторую мертвую точку.

Иногда вмѣсто плоской пластины устраиваютъ дугообразно-изогнутую; тогда верхнюю поверхность распредѣлительнаго золотника дѣлаютъ вогнутою по формѣ пластины; щели на этой поверхности не параллельныя, а подъ угломъ. Такой золотникъ носитъ названіе золотника Ридера; установка его ничѣмъ не отличается отъ установки обыкновеннаго двойнаго золотника.

Иногда расширительный золотникъ установленъ въ отдѣльной коробкѣ, или же онъ замѣненъ клапаномъ. Въ этихъ случаяхъ надо эксцентрикъ расширительнаго золотника или замѣняющаго его клапана расположить такъ, чтобы на извѣстномъ мѣстѣ хода поршня они закрывали паровпускное отверстіе.

Золотникъ Майера отличается отъ предыдущихъ только тѣмъ, что расширительная часть его состоитъ не изъ одной, а изъ двухъ рядомъ лежащихъ пластинокъ, раздвигающихся или сдвигающихся помощью вращенія (вправо или лѣво) винтоваго стержня. Стержень имѣетъ правую и лѣвую рѣзвы. Нарѣзка идетъ отъ середины стержня въ двѣ противоположныя стороны.

Развинчивая, т. е. удаляя пластины другъ отъ друга, получаемъ какъ-бы двойной золотникъ, съ болѣе широкою пластинкою, дающій болѣе значительное расширеніе пара. Свинчивая же пластинки, дѣлаемъ расширительный золотникъ болѣе короткимъ и получаемъ менѣе значительное расширеніе пара или вовсе его не получаемъ.

Винтовой стержень золотника можно завинчивать или отвинчивать, не останавливая движения золотников, и таким образом можно перемѣнять величину расширения пара во время движения машины.

Для распределения пара посредством клапановъ необходимо имѣть ихъ двухъ родовъ: одни служатъ для впуска пара, другіе—для выпуска его изъ цилиндра. Первые называются паровпускными, вторые—паровпускными клапанами.

Открываніе клапановъ производится чаще всего при помощи кулаковъ, закрываніе же—собственнымъ вѣсомъ или при помощи пружинъ.

Кулаки имѣютъ такую форму, что при вращеніи ихъ клапанъ подымается или опускается, т.-е. открываетъ или закрываетъ его. Паровпускные клапаны остаются открытыми почти на все время хода поршня, а паровпускные обыкновенно только на нѣкоторую его часть. Остальную же часть хода они закрыты и паръ дѣйствуетъ расширеніемъ. Паровпускной кулакъ представляетъ на втулкѣ утолщеніе, занимающее половину всей ея окружности. Паровпускные же кулаки занимаютъ обыкновенно менѣ половины обода втулки. Въ случаѣ, если надо перемѣнять длину времени, въ продолженіе котораго паровпускные клапаны закрыты, то есть измѣнять величину расширенія пара, необходимо сдѣлать кулакъ постепенно служащейся по длинѣ. Передвигаемая тогда втулку съ кулаками, можно подводить подъ рычагъ клапана

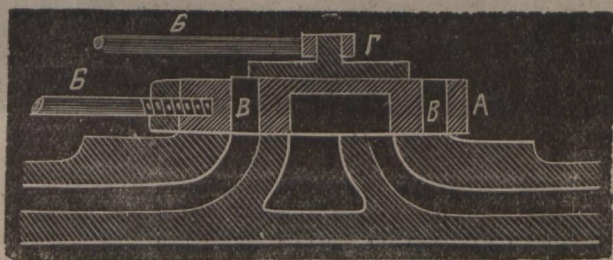


Рис. 124.

то болѣе узкую, то болѣе широкую часть кулака и такимъ образомъ увеличивать или уменьшать расширеніе. Время начала открытія паровпускного клапана должно быть во всякомъ случаѣ одно и тоже, то есть онъ долженъ открываться всегда немного раньше, чѣмъ поршень придетъ въ мертвую точку. Поэтому ребро кулака, которымъ онъ начинаетъ подымать клапанъ, то есть съ той стороны, въ которую онъ вращается, должно быть прямое и параллельно оси втулки.

Въ машинахъ съ переднимъ и заднимъ ходомъ должно быть для каждаго клапана по два кулака, одинъ для передняго, другой для задняго хода; расположеніе этихъ кулаковъ должно быть сообразно съ направленіемъ вращенія машины.

Установивъ простой золотникъ вышеописаннымъ способомъ, увидимъ, что ось его эксцентрика повернута относительно кривошипа въ сторону вращенія машины болѣе чѣмъ на четверть оборота.

Если рядомъ съ этимъ эксцентрикомъ установимъ другой, для этого же золотника, предполагая, что машина должна вращаться въ обратную сторону, то увидимъ, что ось такого эксцентрика будетъ повернута относительно кривошипа тоже болѣе чѣмъ на четверть оборота, но уже въ противоположную сторону (рис. 125). Соединяя золотникъ А то съ первымъ эксцентрикомъ З, то со вторымъ—Д, получимъ вращеніе машины то въ одну, то въ другую сторону.

Для того, чтобы соединить съ золотникомъ одинъ или другой эксцентрикъ, служитъ дугообразная скоба В, навѣстная подъ названіемъ кулисы Стефенсона.

Кулисса В насажена на выступъ конца золотниковаго стержня В, называемаго пуговкою, и можетъ свободно передвигаться по нему вверхъ и внизъ.

Соединяя концы тягъ эксцентриковъ з и з съ концами кулисы В и передвигая ее вверхъ или внизъ, можно приблизить конецъ тяги любого изъ двухъ эксцентриковъ къ пуговкѣ и заставить его дѣйстви-

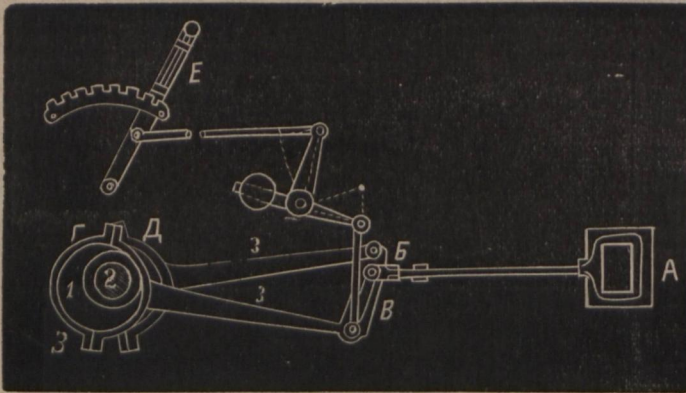


Рис. 125.

вать на золотникъ, причемъ другой эксцентрикъ не будетъ дѣйствовать на этотъ золотникъ, качая только кулиску около оси пуговки.

При установкѣ пуговки на средину кулисы, оба эксцентрика начнутъ качать ее около оси въ противоположныя стороны, удерживая золотникъ неподвижно на срединѣ его хода; при чемъ этотъ послѣдній закроетъ паровыя окошки цилиндра и поршень перестанетъ двигаться, то есть машина остановится. Передвигая теперь кулиску постепенно вверхъ или внизъ заставимъ пуговку удаляться отъ средину кулисы, золотникъ тогда начнетъ передвигаться, получая все больше и больше ходъ: паровыя окошки будутъ открываться на болѣе продолжительное время и впускъ пара въ цилиндръ будетъ все продолжительнѣе, а потому расширение пара будетъ уменьшаться. Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что передвигая кулиску обратно, то есть къ срединѣ, мы можемъ увеличивать расширение, уменьшая впускъ пара, и такимъ образомъ управлять скоростью движенія машины.

Для передвиженія кулисы служатъ рычаги и рукоятки. Иногда кулисса не поднимается, а укрѣпляется въ срединѣ ея длины на оси. Тогда поднимается и опускается пуговка золотниковаго стержня.

Такия кулисы называются закрѣпленными, кулисами Гуча, или обратными кулисами, потому что онѣ обращены къ эксцентрикамъ выуклостью, а не вогнутостью, какъ въ кулисахъ Стефенсона.

Дѣйствіе и установка тѣхъ и другихъ кулисъ одинаковы.

Установку кулисы производятъ слѣдующимъ образомъ. Собрать всѣ составныя части кулисы, поворачиваютъ шайбы эксцентриковъ такимъ образомъ, чтобы ихъ оси были отклонены отъ кривошипа немногимъ болѣе, чѣмъ на четверть оборота, одна—въ сторону передняго, другая—въ сторону задняго хода машины. Тогда закрѣпляютъ временно

шайбы, поднимают кулису на задній ходъ до самаго конца и вращаютъ машину такъ, чтобы поршень пришелся въ мертвую точку.

Послѣ этого, натягиваютъ натяжкой винтъ золотниковаго стержня такимъ образомъ, чтобы паровпускное окошко, лежащее ближе поршня, открылось на небольшую величину (опереженіе), и переводятъ поршень во вторую мертвую точку.

Если опереженіе у второго окошка не будетъ то же самое, что у перваго, то золотникъ доводятъ немного и снова передвигаютъ поршень въ первую мертвую точку.

Эту операцію повторяютъ до тѣхъ поръ, пока величины опереженія у обоихъ окошекъ не сдѣлаются одинаковыми; затѣмъ опускаютъ кулису на передній ходъ, устанавливаютъ поршень въ мертвую точку и поворачиваютъ шайбу эксцентрика для передняго хода такимъ образомъ, чтобы получилось то же самое опереженіе, что было для задняго хода. Тогда уже закрываютъ шайбы эксцентриковъ окончательно.

Всѣ парораспредѣлительныя приборы, кромѣ хорошей установки, должны удовлетворять еще одному условію, а именно: они не должны пропускать пара черезъ стыки, то есть должны закрывать плотно паровыя окошки; такимъ образомъ трущаяся плоскости золотниковъ должны быть плотно прискоблены другъ къ другу, а клапаны должны быть хорошо притерты къ гнѣздамъ.

При распредѣленіи пара клапанами, надо еще убѣдиться, не пропускаютъ ли паръ сами клапаны. Для этого открываютъ паровпускные клапаны и, если черезъ пароводную трубу выходитъ паръ, или же давленіе въ холодильникъ увеличивается, то надо притирать паровые клапаны.

Направляющими называютъ тѣ части машины, которыя заставляютъ поршневой или какой либо другой стержень двигаться по прямому направленію. Обыкновенно онѣ представляютъ одну или двѣ доски, по которымъ движется головка стержня или крестовина, снабженная однимъ или двумя ползунами.

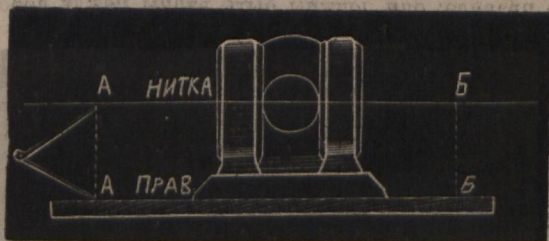


Рис. 126.

Чтобы направляющія доски были установлены вѣрно, надо, чтобы середина втулки головки стержня (ползуна или крестовины) въ различныхъ ея положеніяхъ находилась на продолженіи оси цилиндра. Затѣмъ трущаяся поверхности должны лежать по уровню—при горизонтальномъ цилиндрѣ и отвѣсно—при вертикальномъ, или быть наклонены одинаково съ наклоннымъ цилиндромъ.

Эти положенія провѣряются уровнемъ, отвѣсомъ или угольникомъ и исправляются помощью подкладокъ или сострагиванія подошвы направляющихъ.

Головка стержня съ однимъ ползункомъ установлена вѣрно, если ось цапфы шатуна параллельна подошвѣ ползуна или направляющимъ доскамъ, или если она лежитъ подъ прямымъ угломъ къ оси стержня и подошва ползуна параллельна оси поршневого стержня.

Повѣрку параллельности оси цапфы производятъ слѣдующимъ способомъ: прикладываютъ правило къ трущейся части ползуна (подошвѣ) и промѣряютъ циркулемъ отъ середины втулокъ цапфы или отъ нитки, протянутой черезъ эти середины, до правила.

Съ обеихъ сторонъ разстоянія АА и ВВ должны быть равны, какъ это видно на рис. 126.

Перпендикулярность оси цапфы шатуна провѣряютъ слѣдующимъ образомъ:

Протягиваютъ черезъ середины втулокъ нить и на стержнѣ устанавливаютъ правило, параллельно этой нити, то есть такимъ образомъ, чтобы разстоянія отъ середины втулокъ до правила были одинаковы. Тогда на верхней части стержня чертятъ линію по его длинѣ и прикладываютъ къ правилу угольникъ (рис. 127). Если другая сторона



Рис. 127.

угольникъ совпадетъ съ линіею, вычерченною на стержнѣ, то ось цапфы шатуна лежитъ подъ прямымъ угломъ къ оси стержня.

Эту повѣрку дѣлаютъ иногда проще, но не столь точно. Прикладываютъ плотно правило (пр.) къ втулкѣ головки стержня, какъ показано на рисункѣ 128 и промѣряютъ циркулемъ разстоянія ВЕ и АВ отъ середины оси до правила; они должны быть равны между собою.

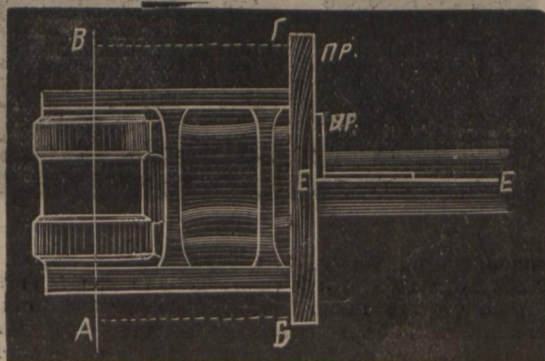


Рис. 128.

Повѣрка параллельности подошвы ползуна къ оси поршневого стержня производится промѣриваніемъ разстояній отъ стержня до правила, положеннаго на подошву.

Повѣрку горизонтальности вала можно произвести слѣдующимъ способомъ:

Подвѣшиваютъ лотъ вблизи обода маховика или другой машинной части, пасаженной на валъ, напримѣръ кривошипа, колеса или шкива, возможно большаго діаметра.

Лотъ подвѣшиваютъ такимъ образомъ, чтобы нить его лежала возможно ближе къ валу, какъ показано на рис. 129. Тогда измѣряютъ разстояніи АВ отъ нити до ближайшей точки на ободѣ и отмѣчаютъ эту точку. После этого поворачиваютъ валъ почти на полъ-оборота такимъ образомъ, чтобы отмѣченная точка В подошла къ нити и снова измѣряютъ разстояніе ВВ. Если измѣренныя разстоянія АВ и ВВ равны, то валъ лежитъ по уровню.

Повѣрку отвѣснаго вала производить въ этомъ случаѣ совершенно такъ же, только вмѣсто лота, протягиваютъ нить или линейку и устанавливаютъ ее по уровню.

Мятый паръ охлаждается въ холодильникѣ холодною водою, вбрызгиваемою ему на встрѣчу, и вмѣстѣ съ нею выкачивается насосомъ, который называется воздушнымъ, потому что онъ выкачиваетъ и воздухъ, поступающій вмѣстѣ съ мятымъ паромъ и холодною водою. Воздухъ находится въ холодной водѣ въ видѣ мельчайшихъ пузырьковъ, которые при нагреваніи раздуваются, собираются и, какъ болѣе легкіе, поднимаются изъ воды.

Холодильникъ состоитъ изъ двухъ частей:

1) изъ цилиндра или ящика, въ который, съ одной стороны, по паротводной трубѣ поступаетъ мятый паръ, а съ другой—холодная вода. Трубка, проводящая холодную воду, открывается въ ящикъ брызгалкою, установленною противъ отверстія паротводной трубы. Кранъ, помощью котораго можно регулировать притокъ холодной воды, называютъ инъекціоннымъ краномъ.

и 2) изъ воздушнаго насоса, который, выкачивая воду вмѣстѣ съ паромъ и воздухомъ изъ холодильника, производитъ въ немъ пустоту.

Чѣмъ пустота въ холодильникѣ совершеннѣе, тѣмъ давленіе въ немъ и подъ поршнемъ парового цилиндра менѣе.

Давленіе въ холодильникѣ всегда менѣе атмосферы (около двухъ фунтовъ на квадратный дюймъ); оно измѣряется приборомъ, весьма похожимъ на манометръ, называемымъ вакуметромъ.

Если стрѣлка вакуметра показываетъ, что давленіе въ холодильникѣ значительно, напримѣръ болѣе 2 фунтовъ, или $\frac{1}{8}$ атмосферы *), то холодильникъ дѣйствуетъ неисправно. Это можетъ произойти: отъ недостатка холодной воды, отъ неисправности воздушнаго насоса, отъ неплотности прилѣжки частей холодильника, засоренія брызгалки и неисправности распредѣлительнаго прибора или неплотности прилеганія поршневыхъ пружинъ къ стѣнкамъ парового цилиндра.

Недостатокъ холодной воды, поступающей въ холодильникъ, легко устранить, открывая болѣе инъекціонный кранъ.

Неисправность воздушнаго насоса повѣряется совершенно также какъ питательнаго насоса.

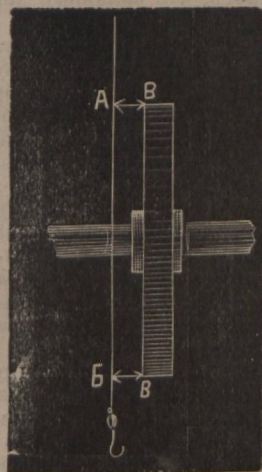


Рис. 129.

*) На вакуметрахъ давленіе обозначено обыкновенно въ дюймахъ высоты столба ртути, причемъ 30 дюймовъ соотвѣтствуютъ одной атмосферѣ или 15 фунтамъ.

Неплотность приделки частей холодильника легко замѣтить по пузырькамъ воздуха, съ шумомъ проходящаго черезъ щели въ стѣнкахъ холодильника или паростводной трубы. Въ хорошо устроенныхъ холодильникахъ почти всѣ соединенія покрыты водою, а сальники поршней снабжены корбочками, въ которыя наливается вода. Если изъ такихъ корбочекъ вода быстро уходитъ во внутрь холодильника, то это означаетъ, что сальникъ держитъ плохо и тогда его надо нажать или перетереть.

Засореніе брызгалки можетъ произойти отъ накопленія осадковъ изъ воды или попавшихъ въ холодильникъ кусковъ какого-либо тѣла. Для устраненія ихъ, надо брызгалку время отъ времени осматривать и очищать. Кромѣ того, необходимо обращать вниманіе, чтобы вода въ холодильникъ поступала чистая и черезъ соответственную рѣшетку.

При установкѣ машины всѣ трущіяся ея части необходимо смазывать.

Для паровыхъ машинъ употребляются жидкія масла для смазки подшипниковъ и топленое сало—для паровыхъ цилиндровъ; для зубчатыхъ зацепленій идетъ графитовый порошокъ и жидкія смолы, а для смазки деревянныхъ частей—смола и вода.

Машинныя части скоро нагрѣваются и изнашиваются: отъ плохой смазки, дурного качества смазывающихъ веществъ, сильнаго нажатія и дурной установки.

Смазку можно считать хорошей, если всѣ трущіяся поверхности постоянно покрыты смазывающимъ веществомъ, а для этого необходимо: всѣ части, которыя не имѣютъ особенныхъ приборовъ для смазывающаго вещества, нужно покрывать возможно чаще и небольшимъ количествомъ; въ противномъ случаѣ или смазка будетъ плоха, или расходъ вещества будетъ очень большій. Всѣ части, снабженныя маслянками, необходимо осматривать возможно чаще.

Паропроводы и водопроводы.

Для всякаго парового двигателя нужна вода для питанія котла и образованія въ немъ пара, а также для холодильника (если машина съ охлажденіемъ).

Тамъ, гдѣ не имѣется городского водопровода воду, проводятъ изъ какого либо источника или водохранилища по трубамъ. При этомъ движенія воды испытываетъ треніе о стѣнки трубъ, уменьшающее скорость движенія воды. Треніе это будетъ тѣмъ значительнѣе, чѣмъ труба имѣетъ больше изгибовъ и чѣмъ эти изгибы болѣе круты и рѣзки. Въслѣдствіе этого тренія происходитъ сжатіе струи воды и потому скорость движенія воды будетъ менѣе теоретической, составляя только 90%.

Чѣмъ выше поднимается вода въ трубахъ, тѣмъ будетъ больше давленіе ея на стѣнки трубы, а чѣмъ діаметръ трубы больше, тѣмъ больше поверхность, по которой распределяется это давленіе. Слѣдовательно, толщина этихъ стѣнокъ должна быть пропорціональна величинѣ давленія и величинѣ діаметра трубъ.

Толщина стѣнокъ паро- и водопроводныхъ трубъ опредѣляется такъ:

Для чугунныхъ	0,015 п.	Д+3,5
Листового желѣза	0,008 п.	Д+1,2
Мѣди	0,015 п.	Д+1,6
Свинца	0,025 п.	Д+2,0

буква Д означаетъ внутренній діаметръ трубы въ дюймахъ; п—давленіе на стѣнки трубы, выраженное въ атмосферахъ.

Чугунныя газопроводныя и водопроводныя трубы подвергаются обыкновенно пробному давленію въ 10 атмосферъ; для такого давленія при внутреннемъ діаметрѣ въ . . . 2 4 8 12 16 24 дюйма;
толщина стѣнокъ = 3,8 4,1 4,75 5,25 6 7,1 линіямъ.

Соединеніе водо- и паропроводныхъ трубъ бываетъ различно; фланцевое, на рѣзбу и безъ рѣзбы. При фланцевомъ соединеніи, между ними обыкновенно кладется азбестовая картонная прокладка; самые же фланцы скрѣпляются помощью болтовъ. Фланцы должны быть плотно пригнаны и пришлифованы, иначе онѣ будутъ пропускать паръ. Соединеніе трубъ на рѣзбу употребляется во многихъ случаяхъ и главнымъ образомъ при газопроводахъ, въ особенности при небольшихъ діаметрахъ. Для большей плотности такихъ соединеній, они свинчиваются на суриковой замазкѣ, такъ какъ только при этомъ услоіи можно быть увѣреннымъ, что они не будутъ пропускать газъ. Большія водопроводныя трубы, прокладываемыя въ землѣ, соединяются такъ, что на концѣ одной трубы дѣлается горловина, въ которую вставляется прямой конецъ другой трубы; затѣмъ следующая труба вставляется такимъ же порядкомъ, и т. д. Промежутки заполняются и заливаются какимъ либо твердымъ составомъ, непронускающимъ воду и выдерживающимъ давленіе напора воды или пара. Паропроводная труба или паропроводъ имѣетъ цѣлью доставлять паръ изъ котла къ паровому цилиндру. Длина паропроводныхъ трубъ зависитъ отъ мѣстныхъ условій, т. е. разстоянія отъ парового котла до машины; что же касается діаметра трубъ, то онѣ должны быть рассчитаны такъ, чтобы въ извѣстное время паропроводъ могъ доставить потребное для движенія машины количество пара.

Паръ, доставляемый въ машину, долженъ быть, по возможности, сухъ и имѣть такое же давленіе, какъ въ котлѣ. Оба эти условія могутъ быть исполнены только отчасти, такъ какъ паръ, проходя по трубамъ, неминуемо охлаждается и часть его даже сгущается въ воду, причемъ уменьшается и давленіе пара. Вотъ почему всегда устраиваютъ такъ, чтобы паропроводная труба выходила изъ наивысшей точки котла, гдѣ паръ суше. Также точно существенно необходимо предупредить увлеченіе воды паромъ изъ котла въ трубопроводъ и далѣе, въ цилиндръ. для чего устраиваются различнаго рода сѣтки и трубки съ кранами для стока воды.

Всякій паропроводъ надо снабдить по крайней мѣрѣ двумя запорными кранами, изъ которыхъ одинъ устанавливается у котла, а другой у машины. Запорные краны должны имѣть вмѣсто ручки вентиль (ручное колесо) по положенію котораго, отмѣченнаго стрѣлкой, закрываютъ и открываютъ впаиванъ.

На длинныхъ паропроводахъ для удаленія воды, образовавшейся вслѣдствіе сгущенія пара или увлеченія воды изъ котла, вблизи машины ставятъ иногда цилиндрической желѣзныи сосудъ для отдѣленія и собиранія воды, который называется водоотдѣлителемъ. Такой водоотдѣлитель снабженъ сѣтчатой перегородкой, которой отбиваются мельчайшія капли воды, стекающія и могущія быть смыты помощью крана.

Полезъа такихъ водоотдѣлителей однако оказывается весьма сомнительной, такъ какъ вода распределена среди пара на столько тонко, что можетъ быть устранена только сильнымъ притокомъ тепла. Вообще, сырой паръ высушить очень трудно, и потому много цѣлесообразнѣе, чтобы паръ, подаваемый въ котлѣ, былъ, по возможности, и сухъ. Для этого необходимо достаточно большое паровое пространство, правильное расположеніе, хорошая обмазка водопровода и расходованіе пара не больше, чѣмъ въ дѣйствительности можетъ дать котель.

Когда уровень воды в котлѣ достаточно великъ, то при большомъ расходѣ пара, убыль его быстро пополняется изъ верхнихъ слоевъ воды, причемъ паръ неминуемо увлекаетъ за собою воду. Если же водяное пространство въ котлѣ мало, а расходъ пара великъ, то новое образование пара происходитъ при сильномъ клокотаніи воды. Въ этомъ случаѣ паръ также увлекаетъ воду; но чѣмъ воды въ котлѣ будетъ меньше, а давленіе больше, тѣмъ паръ будетъ суше. При этомъ получится такъ называемый перегрѣтый паръ, который можетъ быть полезенъ лишь при исправномъ трубопроводѣ, ибо при немъ труднѣе достигнуть непроницаемости прокладокъ во фланцевыхъ соединеніяхъ трубъ, чѣмъ при насыщенномъ парѣ.

Главная причина уменьшенія полезнаго дѣйствія пара состоитъ въ его охлажденіи въ трубахъ и паропроводахъ, причемъ неминуемо уменьшается упругость. Такъ какъ въ проведенія пара отъ паробразователя къ машинѣ или другимъ аппаратамъ, примѣняются исключительно металлическія трубы, представляющія собою хорошіе проводники тепла, то окружающая среда, какъ болѣе холодная, отнимаетъ избытокъ теплоты отъ трубъ и охлаждаетъ послѣднія.

Для предохраненія трубъ отъ охлажденія, ихъ обертываютъ войлокомъ или же обмазываютъ различными составами. Къ числу послѣднихъ относится масса „Саламандръ“, съ нѣкотораго времени нашедшая себѣ обширное примѣненіе вслѣдствіе прочности и удобства, съ которою она пристаетъ, скоро и крѣпко, какъ къ холоднымъ металлическимъ поверхностямъ, такъ и къ горячимъ.

Паровозы.

Всякій паровозъ состоитъ изъ трехъ главныхъ частей: парового котла съ арматурой, паровой машины и экипажа.

Паровой котелъ предназначенъ для приготовленія пара, который по паропроводной трубѣ проведенъ въ цилиндры машины.

Паровозный котелъ состоитъ изъ цилиндрической части, топочной коробки, дымовой коробки и дымогарныхъ трубъ.

Цилиндрическую часть котла склепываютъ двойнымъ швомъ изъ листовъ сварочнаго или литого желѣза.

Такой котелъ долженъ быть снабженъ паровымъ куполомъ, предназначеннымъ для собиранія образующагося въ котлѣ сухого пара.

Топочная коробка состоитъ изъ топки и кожуха. Топка имѣетъ форму прямоугольнаго ящика съ плоскимъ или полукруглымъ верхомъ, наз. потолкомъ топки и съ горизонтально, вдоль топки, положенными колосниками.

Въ виду того, что для отопленія паровоза чаще всего употребляется каменный уголь и коксъ, причемъ поддерживается очень высокая температура, необходимо сдѣлать топку очень прочной, а потому ее дѣлаютъ изъ красной мѣди или стали. Она собирается изъ трехъ листовъ: одинъ листъ идетъ на потолокъ и боковыя стѣнки; изъ второго образуется передняя трубчатая стѣнка (задняя рѣшетка) и третій листъ—задняя стѣнка.

Въ задней стѣнке кожуха, а также и топки дѣлаются одно противъ другого отверстія прямоугольной или овальной формы, закрываемыя дверцами; эти отверстія служатъ для забрасыванія топлива на колосниковую рѣшетку.

Соединеніе внутренней топки съ кожухомъ дѣлается помощью распорныхъ болтовъ изъ красной мѣди съ винтовой рѣзкой на концахъ,

которыми они ввинчиваются въ стѣнки и расклеиваются въ плоскія головки.

Потолокъ точки соединенъ съ верхнимъ листомъ кожуха сквозными связями—анкерными болтами. Въ нижней части и вокруг топочнаго отверстія стѣнки внутренней и наружной частей точки соединены между собой помощью желѣзныхъ вставленныхъ между ними колець склепанныхъ двойнымъ швомъ.

Колосниковая рѣшетка покоится на особыхъ желѣзныхъ подставкахъ (балкахъ), поддерживаемыхъ угольниками. Подъ колосниками устроенъ зольникъ, чрезъ который притекаетъ къ топкѣ необходимый для горѣнія топлива атмосферный воздухъ.

Дымовая коробка проходитъ внутри цилиндрической части котла, составляя продолженіе его и отдѣляется отъ него особой стѣнкой (передней рѣшеткой). Спереди коробка закрывается дверцами такой величины, чтобы можно было прочищать дымогарныя трубы.

Въ дымовой коробкѣ помѣщаются паропроводныя трубы, конусъ и искродержатель; въ верхней же части ставится дымовая труба.

Дымогарныя трубки помѣщены въ цилиндрической части котла, такъ что образующіеся въ топкѣ горячіе газы проходятъ внутри этихъ трубъ и передаютъ чрезъ стѣнки теплоту окружающей ихъ водѣ. Затѣмъ нѣсколько охлажденные газы слѣдуютъ далѣе въ дымовую коробку и оттуда чрезъ дымовую трубу выходятъ въ атмосферу.

На каждомъ паровозѣ устанавливаются: два предохранительныхъ клапана, свистокъ для подачи сигналовъ, водоуказательное стекло, пробныя краны, манометры и два инжектора. Кромѣ того, имѣются сифонный кранъ и конусъ для регулированія огня въ топкѣ, а также спускной кранъ и лѣки для спуска воды и промывки котла.

Машина паровоза дѣлается двухъ цилиндровая или, правильнѣе сказать, паровозъ имѣетъ двѣ машины одинаковыхъ размѣровъ и работающих независимо одна отъ другой.

Золотники простые коробчатые, отлитые вмѣстѣ съ цилиндрами. Распределеніе пара производится при помощи кулисы, получающей движеніе отъ четырехъ эксцентриковъ, насаженныхъ наглухо на ведущей оси. Паръ впускается въ золотниковыя коробки изъ котла при помощи регулятора, помѣщенного въ паровомъ колпакѣ. Онъ состоитъ изъ глухой чугунной коробки, на одной сторонѣ которой имѣются продольныя щели, закрываемыя регуляторнымъ золотникомъ. Золотникъ этотъ при помощи тягъ можетъ быть передвигаемъ изъ будки машиниста.

При открываніи регуляторнаго золотника паръ изъ пароваго котла направляется въ регуляторную трубу, проходящую внутри котла и оканчивающуюся у дымовой коробки, развѣтвляясь на двѣ трубы, наз. паровпускными; чрезъ эти трубы паръ можетъ быть направленъ въ ту или другую сторону цилиндра, въ зависимости отъ положенія, которое желаютъ дать парораспределительному золотнику. Положеніе послѣдняго зависитъ отъ положенія кулисы, которую изъ будки машиниста при помощи рычага по желанію ставятъ на передній или задній ходъ и на большее или меньшее расширеніе.

Весьма важное значеніе имѣетъ положеніе рычага или переводнаго винта. Такъ, при среднемъ положеніи его, даже въ случаѣ, если регуляторъ открытъ, паровозъ не сдвинется съ мѣста и только при крайнихъ положеніяхъ на передній или задній ходъ машина будетъ работать.

Приведемъ главнѣйшіе размѣры паровозной машины:

Диаметры цилиндровъ	14—20 дюйм.
Ходъ поршня	24 "
Толщина стѣнокъ цилиндровъ	1 "
Ширина паровпускныхъ отверстій	1½ "

Высота	”	”	12 дюйм.
Наружныя перекрышки золотн.	”	”	1 ”
Внутреннія	”	”	1/8 ”
Длина кривошипа	=	1/2	длины хода поршня.
”	шатуна (дышла) въ 5 разъ		болѣе длины кривошипа.

Экипажъ паровоза служитъ для помѣщенія котла, машины и др. принадлежностей къ ней. Экипажъ состоитъ изъ двухъ продольныхъ рамъ, связанныхъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ поперечными рамами, наз. подбрюшниками.

Продольныя рамы въ нѣсколькихъ мѣстахъ имѣютъ вырѣзы для помѣщенія буксовыхъ коробокъ съ подшипниками для шеекъ осей колесныхъ паръ. Рамы со всѣми укрѣпленными на нихъ частями опираются на буксовыя коробки при помощи рессоръ.

Паровозы бываютъ шести и восьми колесные, т. е. о трехъ или четырехъ осяхъ. Та ось, которая получаетъ вращенія отъ поршневого дышла, наз. ведущей, а остальные сѣплены съ нею (спарены). Кромѣ того имѣются оси не спаренныя, поддерживающія экипажъ.

Оси должны быть расположены такъ, чтобы вѣсъ паровоза (нагрузка) былъ расположенъ приблизительно равномерно.

Тендеръ. Съ паровозомъ непосредственно сѣпливается тендеръ — шестиколесный открытый вагонъ, предназначенный для помѣщенія запасовъ топлива и воды. Съ этою цѣлью на тендерѣ помѣщенъ бакъ для воды, которая по особой трубѣ протекаетъ къ инжекторамъ или насосамъ. Тендеръ долженъ имѣть тормазъ, дѣйствующій не менѣе какъ на двѣ пары колесъ. Съ паровозомъ и вагонами тендеръ соединенъ упряжнымъ приборомъ съ запасными цѣпями и буферами.

Шины паровозовъ. Въ зависимости отъ назначенія паровозы бываютъ курьерскіе или почтовые, пассажирскіе, товарные и для маневрированія, т. е. составленія поѣздовъ.

Курьерскіе или почтовые паровозы строятъ для поѣздовъ большой скорости, 60—100 верстъ въ часъ. Эти паровозы отличаются отъ другихъ сильной машиной и большимъ діаметромъ ведущихъ колесъ (до 7 фут.). Спаренныхъ осей бываетъ одна, рѣдко двѣ. Число вагоновъ прицѣпляемыхъ къ поѣзду бываетъ 7—8, кромѣ товарнаго, для багажа.

Пассажирскіе паровозы вѣдутъ 12—15 вагоновъ со скоростью 30—60 верстъ въ 1 часъ. Діаметръ спаренныхъ колесъ 5—6 футовъ.

Товарные паровозы бываютъ 6—8, а иногда даже 12 колесные. Первые могутъ вести до 30 груженыхъ вагоновъ, а вторые 50 вагоновъ со скоростью 20—25 верстъ въ 1 часъ. Діаметръ ведущихъ колесъ 4—4½ футъ.

Паровозы, употребляемые для маневровъ, или такъ наз. шанковые, обыкновенно имѣютъ три спаренныхъ осей. Діаметръ ведущихъ колесъ 3—4 фута. Эти паровозы чаще всего не имѣютъ тендера, такъ что запасы воды и топлива помѣщаются на самомъ паровозѣ, ибо работа въ предѣлахъ станціи эти паровозы всегда могутъ пополнять свои запасы.

Сопротивленіе поѣзда движенію есть усиліе, необходимое для передвиженія поѣзда вмѣстѣ съ паровозомъ и тендеромъ. Это сопротивленіе будетъ тѣмъ больше: 1) чѣмъ тяжелѣе поѣздъ и скорость его больше, 2) чѣмъ болѣе спаренныхъ въ паровозѣ осей, 3) чѣмъ подъемъ больше и закругленія круче и 4) чѣмъ хуже состояніе пути.

На хорошо устроенныхъ желѣзныхъ дорогахъ при вагонахъ хорошаго устройства, средняя сила тяги для малыхъ скоростей бываетъ 7½ фунтовъ на тонну *) или 1/300 груза и можетъ быть увеличена до 1/200 груза.

*) 1 тонна = 62 пудамъ.

При малыхъ скоростяхъ вся сила тяги обыкновенно расходуется на преодоленіе тренія, заключающагося частью въ скользящемъ треніи осей, частью въ катящемъ треніи колесъ по рельсамъ. Катящее треніе весьма незначительно, если поверхности гладки; оно обыкновенно не превосходитъ $\frac{1}{1000}$ груза.

Если полное сопротивленіе тренія принять равнымъ $\frac{1}{300}$ груза, причемъ на катящее треніе придется $\frac{1}{1000}$ груза, то скользящее треніе будетъ $\frac{1}{429}$ груза. Следовательно, при діаметрѣ ведущихъ колесъ въ 36 дюймовъ и діаметрѣ осей въ 3 дюйма, скользящее треніе должно увеличиться въ пропорціи 36:3, т. е. въ 12 разъ, чтобы получить треніе на поверхности оси при вращеніи ея со скоростью, соответствующею движению вагоновъ.

Сила прилипанія колесъ къ рельсамъ бываетъ около $\frac{1}{5}$ груза, если рельсы чисты, совершенно мокры или совершенно сухи; но когда рельсы полумокры или скользящіе, то прилипаніе составитъ только $\frac{1}{10}$ или $\frac{1}{12}$ груза или давленія на колесо.

Расходъ силы тяги увеличивается весьма быстро съ увеличеніемъ скорости движенія поѣзда, частью вслѣдствіе волнистости земли, происходящей отъ движенія тяжелаго поѣзда съ большою скоростью, но главнымъ образомъ вслѣдствіе сопротивленія атмосфернаго воздуха, а также сопротивленія въ раздувательной трубѣ локомотива, которое составляетъ самое большое изъ препятствій. Такъ, изъ наблюденій извѣстно, что при скорости въ 30 миль въ 1 часъ сопротивленіе атмосферы доходитъ до 12 фунтовъ на тонну; при боковомъ вѣтрѣ сопротивленіе превосходитъ даже и эту величину, вслѣдствіе добавочнаго тренія отъ нажманія фланцевъ колесъ на рельсы, а также отъ того, что вѣтеръ, проходя передъ каждымъ вагономъ, производитъ дѣйствіе, равнозначущее увеличенію ширины каждаго вагона, такъ какъ эти вагоны должны сообщать воздуху движеніе по направленію поѣзда.

Для большей наглядности приведемъ примѣръ. Положимъ, мы имѣемъ локомотивъ, развивающій 200 лошадиныхъ силъ, который тянетъ грузъ въ 110 тоннъ со скоростью 30 миль въ часъ, принимая треніе поѣзда въ $7\frac{1}{2}$ фунтовъ на тонну, что при 110 тоннахъ составитъ 825 фунтовъ на окружности дѣйствующихъ колесъ, при діаметрѣ послѣднихъ въ 5 фут. 6 дюймовъ и ходъ поршня въ 18 дюймовъ. Это даетъ сопротивленіе на поршень 4757 фунтовъ; затѣмъ, полагая сопротивленіе въ раздувательной трубѣ въ 6 фунтовъ на квадратный дюймъ площади поршней и треніе самихъ машинъ безъ груза въ 1 фунтъ на ту же площадь, то при діаметрѣ поршня въ 12 дюймовъ все это даетъ въ итогѣ 1582 фунта сопротивленія на оба поршня. Считая прибавочное треніе, соответствующее грузу 4757 фунтовъ на поршняхъ въ $\frac{1}{7}$ этого груза, полное сопротивленіе, дѣйствующее на поршень, будетъ 7018. 4 фунта. Но какъ съ другой стороны скорость поѣзда въ 30 миль *) въ часъ соответствуетъ скорости поршня 457. 8 въ минуту, то 7018. 4 фунта умноженные на 457. 8 фут. въ минуту, дадутъ 3 213 023. 5 фунт.—футовъ, или 3 213 023. 5 фунтовъ поднятыхъ на 1 футъ высоты въ минуту, которое раздѣливъ на 33 000 дадутъ 97. 3 лошадиныхъ силъ, выражающихъ силу, движущую по желѣзной дорогѣ грузъ въ 110 тоннъ со скоростью 30 миль въ часъ, если бы не было сопротивленія воздуха. Затѣмъ, принимая сопротивленіе воздуха въ 12 фунтовъ на тонну, что при грузѣ въ 110 тоннъ составитъ 1320 фунтовъ, которые умноживъ на скорость движенія поѣзда въ футахъ въ минуту, соответствующую данной скорости 30 миль въ часъ дадутъ силу, необходимую для преодоленія сопротивленія воздуха 105. 8 лошадиныхъ силъ.

*) Здѣсь принята англійская береговая миля, равная 5280 футовъ.

Въ этомъ примѣрѣ лошадиная сила опредѣлена по сопротивленію, представляемому треніемъ и воздухомъ и составляетъ 203,1 лошадиныхъ силъ вмѣсто 200 опредѣленныхъ по испарительной силѣ котла.

Сопротивленіе на тонну преодолеваемое машиной, болѣе сопротивленія на тонну поѣзда, ибо машина должна преодолевать не только сопротивленіе воздуха и колесъ, но также и сопротивленіе подвижныхъ частей собственнаго механизма.

По опытамъ Гуша надъ поѣздомъ въ 100 тоннъ въсомъ сопротивленіе машины вмѣстѣ съ тендеромъ, по индикатору, при скорости 13,1 мили въ часъ равно 12,33 фунта; а сопротивленіе на тонну поѣзда опредѣленнаго по динамометру, при той же скорости было 7,56 фунта, а среднее сопротивленіе локомотива и поѣзда 9,04 фунта. При скорости 20,2 мили въ часъ соответственныя сопротивленія на тонну были 19,0 ; 8,19 и среднее 12,2 фунта.

Сопротивленіе воздуха движенію поѣзда возрастаетъ приблизительно пропорціонально квадрату скорости, а слѣдовательно сила потребная для преодоленія этого сопротивленія возрастаетъ пропорціонально кубу скорости, ибо для удвоенной скорости необходимо израсходовать четверо большую силу для того, чтобы преодолѣть сопротивленіе въ половину времени.

При малыхъ скоростяхъ сопротивленіе воздуха увеличивается менѣе быстро съ увеличеніемъ скорости; при большихъ скоростяхъ сопротивленіе воздуха движенію поѣзда увеличивается приблизительно, какъ квадратъ скорости.

Такимъ образомъ, сопротивленіе поѣзда, включая сюда сопротивленіе локомотива и тендера, при 15 миляхъ въ 1 часъ, будетъ около 9,3 фунта на тонну; при 30 миляхъ въ часъ—13,2 фунта; при 60 миляхъ—29 фунтовъ на тонну.

Если предположить, что этотъ законъ увеличенія скоростей будетъ справедливъ и для высшихъ скоростей, то при скорости въ 120 миль въ часъ сопротивленіе будетъ 92,2 фунта на тонну, а при 240 миляхъ 344,8 фунтовъ на тонну. Слѣдовательно, при удвоенной скорости 60—120 миль въ часъ, сопротивленіе увеличено почти четверо, то же слѣдуетъ сказать и относительно увеличенія скорости 120—240 миль въ часъ.

Кларкъ даетъ слѣдующее практическое правило для приблизительнаго опредѣленія сопротивленія поѣздовъ въ томъ предположеніи, что дорога находится въ хорошемъ состояніи и не имѣетъ большихъ закругленій: чтобы найти полное сопротивленіе машины, тендера и поѣзда въ фунтахъ на тонну при всякой скорости, надо скорость въ миляхъ въ часъ возвысить въ квадратъ, раздѣлить на 171 и къ частному прибавить 8. Въ результатѣ получится полное сопротивленіе на рельсахъ въ фунтахъ на тонну.

Локомобили.

Локомобили, подобно другимъ паровымъ двигателямъ, состоятъ изъ парового котла и собственно паровой машины. Главное различіе передвижныхъ двигателей отъ постоянныхъ, кромѣ колеснаго хода, посредствомъ котораго локомобиль можетъ быть передвигаемъ и перевозимъ на мѣсто работы, это то, что въ передвижныхъ двигателяхъ машина помѣщена на томъ же котлѣ, образуя какъ бы одно цѣлое съ послѣднимъ. Въ неподвижныхъ двигателяхъ почти всегда паровикъ отдѣленъ отъ машины на особомъ фундаментѣ.

Передвижныя машины вообще представляютъ замѣчательные примѣры паровыхъ машинъ, соединяя въ себѣ дешевизну, простоту устрой

ства и силу. Въ лучшихъ локомотивахъ расходуется 4 фунта угля въ часъ на лошадиную силу. Устройство ихъ должно быть самое простое для того, чтобы всякій работникъ, получившій нѣкоторыя предварительныя наставленія, могъ бы самостоятельно управлять ими.

Недостатокъ локомотивей заключается единственно въ частыхъ поломкахъ, вслѣдствіе сотрясеній отъ перевозки по дурнымъ дорогамъ.

Вотъ почему при выборѣ локомотива, кромѣ простоты конструкции, необходимо также обращать вниманіе на солидность устройства.

Нагрѣваніе подшипниковъ можно устранить посредствомъ увеличенія трущихся поверхностей и употребленія хорошаго матеріала на приготовленіе ихъ. Для достиженія экономіи въ топливъ слѣдуетъ употреблять паръ болѣе высокаго давленія и, если возможно, пользоваться расширеніемъ, для чего примѣняются золотники съ большимъ перекрытіемъ и устанавливаются они съ опереженіемъ. Кромѣ того надо поддерживать высокую температуру цилиндровъ и защищать котель отъ потери лучшей теплоты.

Весьма важную услугу нашимъ степнымъ хозяйствамъ оказали русскій инженеръ Шеміотъ и англичанинъ Гедъ примѣненіемъ соломотопки къ локомотиву. Фирма Рансомъ, Симсъ и Гедъ была первою пріобрѣвшею право на постройку локомотивей по этой системѣ, а затѣмъ уже послѣдовали ей и другія фирмы, занимающіяся постройкой локомотивей.

Приспособленіе Шеміота и Геда состоитъ въ слѣдующемъ *): къ отверстию топки локомотива придѣлывается вмѣсто простой дверцы приборъ, сходный съ обыкновенной соломорѣзкой, но безъ ножей; у отверстія помѣщена чугунная коробка, въ которой находится два зубчатыхъ приемныхъ вала. Надъ этими вальками прикрѣплены три или четыре клапана съ однимъ отверстіемъ на каждомъ. Движеніе валькамъ передается при помощи ременной передачи со шкива колѣнчатой оси маховика локомотива или въ случаѣ надобности надѣвается рукоятка. Къ чугунной коробкѣ придѣлывается деревянный желобъ, въ который кладется солома, подаваемая въ топку.

Дѣйствіе снаряда состоитъ въ томъ, что когда образовался паръ и локомотивъ началъ дѣйствовать ремень приводитъ въ дѣйствіе приемные валы, которые, захватывая солому, вводятъ ее въ топку непрерывнымъ слоемъ.

Разводить огонь тою же соломой, для чего ее кладутъ въ топку, предварительно открывъ всѣ заслонки. Затѣмъ одинъ работникъ вращаетъ рукояткою приемные валки, а другой подаетъ солому.

Когда образовалось столько пара, что можно привести въ дѣйствіе локомотивъ, то набрасываютъ ремень на шкивъ вала и уже затѣмъ питаніе топки соломой производится само собою. Необходимо обращать вниманіе на то, чтобы рабочій подавалъ солому непрерывно и не особенно толстымъ слоемъ и при томъ то съ одного, то съ другого конца валовъ или угла коробки. Изрѣдка, т. е. каждые четверть или полчася необходимо при помощи граблей, зубья которыхъ проводятъ между колосниками, а рукоятка находится внизу въ золной коробкѣ, прочищать колосники, двигая граблями назадъ и впередъ; это дѣлается для предупрежденія сильнаго накопленія кремнезема на колосникахъ. Затѣмъ при помощи прута слѣдуетъ варѣдка мѣшать солому въ топкѣ, пропуская пруть въ отверстія клапановъ или заслонокъ. При помощи скребка очищаютъ по прекращеніи работы скопившуюся золу съ трубчатой внутренней стѣнки коробки. Зола, скопляющаяся въ коробкѣ подъ топкою, заливаются только струею воды; ее выгребаютъ нѣсколько разъ.

*) К. Веберъ. „Двигатели и приводы“.

въ день. Увлажненіе золы въ коробкѣ предупреждаетъ преждевременно, сгораніе колосниковъ и разность ея вѣтромъ. слѣдовательно и возможность пожара.

Кромѣ локобиля съ соломотопкою системы Шеміота и Геда, существуютъ также локобиля съ соломотопкою другихъ системъ, какъ, напр., локобиля завода Гарретъ и Сынъ (Garret & Son), который, какъ оказалось при испытаніи въ Вѣнѣ, въ сравненіи съ приспособленіемъ Шеміота и Геда, расходуетъ меньше соломы, испаряя однимъ килограммомъ соломы 2,02 килогр. воды, и требуя на каждую паровую лошадь и часъ 10,44 килогр. соломы. Но за то способъ Гаррета требуетъ большей ловкости и навыка при подаваніи соломы въ топку, чего не требуется при способѣ Шеміота и Геда; потому-то послѣдній и предпочитается первому, въ особенности у насъ, въ Россіи, гдѣ такъ трудно найти людей, специально приученныхъ къ извѣстнымъ работамъ.

При выборѣ локобиля надо принять во вниманіе слѣдующія главныя условія:

1) простоту механизма, 2) легкость ухода за двигателемъ, 3) небольшой вѣсъ, 4) удобопримолжность ко всякаго рода работамъ и 5) безопасность какъ для самого локобиля, такъ и окружающей его мѣстности.

Упругость пара въ котлѣ допускается 3—6 атмосферъ при поверхности нагрѣва около 17 кв. футъ на 1 паровую лошадь.

Дымогарныя трубы могутъ быть латунныя и желѣзныя, 2—3 дюйма въ діаметрѣ.

Топочная коробка чаще всего дѣлается желѣзной.

Цилиндровъ бываетъ одинъ или два, въ зависимости отъ силы машины и системы двигателя.

Валь дѣлаетъ приблизительно 70—180 оборотовъ въ минуту.

Распределеніе пара производится обыкновеннымъ золотникомъ или же при помощи кулисы Стефенсона, когда число оборотовъ машины значительно.

Расходъ воды въ часъ можно принять въ среднемъ около 3 ведеръ.

Расходъ угля сильно колеблется не только въ зависимости отъ консерукціи топки, но также и силы машины. Такъ, машина въ 1½—2 лошадиныхъ силы расходуетъ 14 фунтовъ угля въ часъ на 1 паровую лошадь; между тѣмъ какъ для машины въ 15 силъ потребляется только 7 фунтовъ въ часъ.

Это обстоятельство не должно быть упускаемо изъ виду въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ топливо дорого и гдѣ расходъ на него тяжело ляжетъ на стоймость работы.

Вода для питанія котла должна быть возможно чистая, безъ ила и грязи; въ особенности слѣдуетъ избѣгать употребленіе такъ наз. жесткой воды, т. е. воды, содержащей нерастворимыя соли извести, дающія большую накипь.

Пароходы.

Если провести чрезъ судно горизонтальныя плоскости разрѣза, то полученныя кривыя наз. в а т е р л и н і я м и; если же разрѣзать судно вертикальными плоскостями перпендикулярно къ его продольной оси, то получимъ кривыя, наз. ш п а н г о у т а м и.

Для того, чтобы опредѣлить форму судна, необходимо должно быть дано не менѣе 6 ватерлиній, проведенныхъ на одинаковомъ разстояніи одна отъ другой и 12 шангуотовъ.

Длина, ширина и высота судна должна находиться въ опредѣленныхъ соразмѣрныхъ отношеніяхъ одинъ отъ другого. Въ морскихъ су-

дахъ длина бываетъ въ 6—7 разъ болѣе ширины; въ озерныхъ — до 8 разъ и въ рѣчныхъ 9—12 разъ. Высота озерныхъ судовъ отъ кила до палубы бываетъ 0,5 ширины, въ морскихъ—0,6 и въ рѣчныхъ—0,4 ширины.

Для опредѣленія величины нагрузки судна принимается во вниманіе его удѣльный вѣсъ. Вѣсъ воды, вытѣсненной погруженною въ воду частью тѣла, равенъ вѣсу всего тѣла. Такимъ образомъ для опредѣленія глубины осадки судна надо знать не только вѣсъ судна, но и наружный видъ нижней его (подводной) части. Съ этою цѣлью нужно раздѣлить длину судна на произвольное число равныхъ частей, начертить поперечные разрѣзы, проведенные черезъ точки дѣленія, вычислить ихъ площади до линіи погруженія и опредѣлить объемъ погруженной въ воду части судна. Затѣмъ, принявъ во вниманіе, что поперечные разрѣзы судна только въ передней и задней его части разнятся другъ отъ друга, а въ средней части почти равны между собою, для упрощенія вычисленія дѣлятъ судно на 3 или болѣе частей, опредѣляютъ каждую изъ нихъ отдѣльно; въ передней и задней частяхъ проводятъ большіе число поперечныхъ разрѣзовъ, чѣмъ въ остальныхъ частяхъ.

Положимъ, что требуется опредѣлить количество воды, вытѣсняемой судномъ, длина котораго=177 фут. и глубина осадки 3,3 фут. Раздѣлимъ длину судна на 12 равныхъ частей, сдѣлаемъ черезъ нихъ поперечныя сѣченія и опредѣлимъ площади этихъ сѣченій до линіи уровня воды. Пусть эти площади будутъ слѣдующія;

A = 0	H = 74,52 кв. фут.
B = 12,04 кв. фут.	I = 71,46 "
C = 29,80 "	K = 69,41 "
D = 46,16 "	L = 68,66 "
E = 57,47 "	M = 59,84 "
F = 63,39 "	N = 0.
G = 67,90 "	

Такъ-какъ разстояніе между двумя поперечными сѣченіями $\frac{177}{12} =$

14,75 фут., то объемъ вытѣсненной воды при осадкѣ судна на 3,3 фут. будетъ: $\frac{1}{3} \cdot 14,75 [0+2 (29,80+57,47+67,90+71,46+68,66)+4 (12,04+46,16+63,39+74,62+69,41+59,84)] = 9289,92$ куб. фут.; а такъ какъ 1 куб. футъ воды вѣситъ 69,14 фунт., то вѣсъ вытѣсненной воды=642298, 15 фунт. или 16057,45 пуда.

Количество воды, вытѣсняемой судномъ при большей его осадкѣ можно опредѣлить или вычислить такимъ же образомъ вновь площади всѣхъ поперечныхъ разрѣзовъ, или же площади только нѣкоторыхъ горизонтальныхъ разрѣзовъ, сдѣланныхъ по длинѣ судна. Пусть, напр., площадь горизонтальнаго разрѣза=3713 кв. фут. при глубинѣ хода въ 3, 9 фут., 3939 кв. фут. при глубинѣ хода въ 4,5 фут.; тогда объемъ, содержащійся между горизонтальными сѣченіями при глубинѣ хода въ 3,3 и 3,9 фут., будетъ:

$$= \frac{3713 + 3939}{2} \times 0,6 \text{ фут.} = 2266,5 \text{ куб. фут.}; \text{ объемъ же, содержащійся между горизонтальными сѣченіями, проведенными при глубинѣ хода въ 3,3 и 4,5 фут.} = \frac{3713 + 2 \times 3842 + 3939}{2} \times 0,6 = 4600,8 \text{ куб. фут.}$$

Слѣд. вся вытѣсненная вода при осадкѣ судна=3,9 фут., составитъ: $9289,92 + 2266,5 = 11556,32$ куб. фут.=799003,95 фунт., или 19975,09 пуд. при осадкѣ въ 4,5 фут. $9289,92 + 4600,8 = 13890,62$ куб. фут.=960397,46 фунт. или 24009,93 пуд.

Слѣдующій вѣсъ увеличить осадку судна на 1 дюймъ:

при глубинѣ хода въ 3,3 фут.	$3713 \times \frac{1}{12} = 309,42$	куб фут. = 532 пуд.
" " " " 3,9 "	$3842 \times \frac{1}{12} = 320,16$	" " = 550 "
" " " " 4,5 "	$3939 \times \frac{1}{12} = 328,25$	" " = 562 "

Положимъ судно указанныхъ выше размѣровъ, погрузилось въ воду на 4,32 фут.; требуется опредѣлить его осадку, если нагрузка судна равна 1116 пудовъ.

При погруженіи, равномъ 4,32 фут. опускается на 1 дюймъ отъ прибавки вѣса 562 пуда; слѣдовательно отъ прибавки 1116 пуд. погрузится на 1,9 дюймовъ = 0,158 фут. слѣдовательно, полная осадка будетъ 4,48 фут.

Центры тяжести судна и вытесненной воды должны лежать въ одной и той-же плоскости поперечнаго разрѣза, чтобы судно могло двигаться по направленію своей продольной оси.

Положимъ, что (рис. 130) SS'' будетъ вертикальная ось поперечнаго разрѣза и на ней центръ тяжести s судна; затѣмъ означимъ чрезъ w центръ тяжести вытесненной воды. Вертикальная линия wm пересѣкаетъ ось въ точкѣ m , наз. метацентромъ.

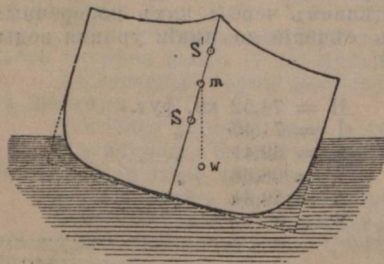


Рис. 130.

Для устойчиваго равновѣсія судна необходимо, чтобы метацентръ лежалъ выше центра тяжести судна. Когда же при извѣстномъ наклоненіи судна центръ тяжести будетъ выше метацентра, напр. въ S' , то судно неминуемо опрокинется. Вообще чѣмъ ниже лежитъ центръ тяжести S судна, тѣмъ скорѣе можетъ придти надъ нимъ метацентръ и слѣдовательно тѣмъ скорѣе судно приметъ нормальное положеніе, если

оно отъ вѣтра или по какой либо другой причинѣ накренится на сторону. Вотъ почему всегда стараются при незначительной нагрузкѣ судна понизить его центръ тяжести посредствомъ баласта.

Скорость движенія пароходовъ бываетъ весьма различная, отъ 10 до 20 и болѣе верстъ въ часъ. Сопротивленіе движенію судна пропорціонально погруженной части наибольшаго поперечнаго сѣченія судна, а также квадрату скорости судна.

Если чрезъ S означить погруженную часть наибольшаго поперечнаго сѣченія судна въ квадратныхъ футахъ, v —скорость судна и k —сопротивленіе, встрѣчаемое судномъ при 1 кв. футѣ погруженной площади сѣченія судна и при скорости = 1-фут., то сопротивленіе движенію будетъ = kSv^2 фунтовъ, а работа, потребная для опредѣленія этого сопротивленія = kSv^3 фунто-футовъ.

Когда два судна имѣютъ одинаковое поперечное сѣченіе, но длина разная, то поверхность соприкосновенія съ водою и треніе воды болѣе для длиннѣйшаго судна, чѣмъ для болѣе короткаго. Коэффициентъ k для морскихъ судовъ = 0,126, для озерныхъ = 0,252 и рѣчныхъ = 0,453.

Работа, необходимая для движенія судна, возрастаетъ прямо пропорціонально третьей степени скорости. Такъ, если для движенія парохода со скоростью въ 3 фута необходима работа въ 20 паровыхъ силъ, то при скорости въ 15 футовъ потребуется работа $5 \times 5 \times 5 = 125$ разъ болѣе.

Если пароходъ идетъ противъ течения рѣки, то при вычисленіи сопротивленія и работы необходимо брать для v (скорости судна) сумму скоростей парохода и потока; когда же пароходъ движется по теченію, то разность этихъ скоростей.

Пароходы, какъ извѣстно, бываютъ колесныя (лопастныя) и винтовыя. Первые менѣе употребительны, чѣмъ вторые, въ особенности для плаванія по рѣкамъ и каналамъ.

Извѣстно два рода гребныхъ колесъ: обыкновенныя радіальныя, въ которыхъ лопатки прикрѣплены къ радіусамъ, укрѣпленнымъ въ общемъ центрѣ; и колеса съ поворотными лопастями, въ которыхъ каждая лопасть подвѣшана на своей отдѣльной центральной оси, и посредствомъ соответственнаго механизма направляется такимъ образомъ, чтобы во время прохожденія въ водѣ всегда удерживалась приблизительно въ вертикальномъ положеніи. Въ радіальныхъ колесахъ теряется часть силы вслѣдствіе наклоннаго дѣйствія лопастей, тогда какъ въ колесахъ съ поворотными лопастями эта потеря очень мала. Но вообще при всякомъ устройствѣ лопастей бываетъ потеря силы отъ уступанія воды лопастямъ или скольженія и эта потеря неизбѣжна при сообщеніи движенія судну посредствомъ упора на жидкую массу. Скольженіе или уступаніе колесъ выражается разностью между скоростью колеса и скоростью судна. Чѣмъ будетъ больше эта разность, тѣмъ больше потеря силы вслѣдствіе скольженія, такъ какъ расходъ пара въ машинѣ пропорціоналенъ скорости колеса, а полезное дѣйствіе пропорціонально скорости судна.

Въ винтовыхъ пароходахъ лопатчатые колеса замѣнены винтомъ, который придѣлывается подъ заднюю часть судна такимъ образомъ, что ось его параллельна къ продольной оси судна и лежитъ почти на разстояніи радіуса винта выше кила. Черезъ пеньковую коробку, вдѣланную въ задней стѣнкѣ судна ось винта входитъ въ самое судно и прямо приводится въ вращательное движеніе кривошипомъ паровой машины, если число оборотовъ винта въ минуту не очень велико. Обыкновенно же винтъ совершаетъ такое большое число оборотовъ, что между осью винта и валомъ машины приходится устраивать систему зубчатыхъ колесъ.

На оси винта придѣлываются двѣ, четыре или шесть винтовыхъ поверхностей въ видѣ крыльевъ, составляющихъ вмѣстѣ почти цѣлый шагъ винта. Эти отдѣльныя винтовые поверхности не лежатъ непрерывно одна возлѣ другой, но прикрѣплены на одной и той же окружности оси винта подъ угломъ въ 25° . Винтъ отъ этого будетъ короче, но дѣйствіе его остается то же самое. Длина часто берется равной $\frac{1}{6}$ хода.

Подъемъ винта есть отношеніе высоты шага винта къ окружности винта; оно заключается между 0,45 и 0,75; слѣдовательно среднимъ числомъ = 0,57. Поэтому отношеніе высоты шага винта къ диаметру его составляетъ среднимъ числомъ 1,8. Диаметръ винта долженъ быть возможно больше, а такъ какъ винтъ совершенно погруженъ въ воду и самая глубокая его точка лежитъ ниже самой глубокой точки судна, то можно дѣлать диаметръ винта только немножко больше осадки нагруженнаго судна.

Поэтому, винтъ выгоденъ для глубоко сидящихъ морскихъ судовъ.

Работа, предостѣвляющая сопротивленіе движенію парохода, равна ksv^2 фунто-футовъ, а работа машины будетъ:

$$\frac{ksv^3 (v + v')}{600} \text{ силъ.}$$

Отсюда, вся работа машины относится къ полезной работѣ какъ $v + v'$ къ v . Слѣдовательно потеря работы будетъ весьма незначительна если v представляетъ малую величину.

Вѣтряные двигатели.

Движущійся воздухъ, который мы обыкновенно наз. вѣтромъ, можетъ имѣть различныя скорости. Для опредѣленія этихъ скоростей можно употреблять пухъ, замѣчая пространства, пролетаемыя имъ въ опредѣленное время. Такимъ образомъ нашли, что скорость умѣренного вѣтра 10—15 футовъ, а бури 60—100 футовъ.

Приемниками силы вѣтра обыкновенно служатъ вѣтряныя мельницы. Онѣ состоятъ изъ вала нѣсколько наклоненнаго къ горизонту, ибо направленіе самаго вѣтра бываетъ въ большей части случаевъ также нѣсколько наклонно. Валъ этотъ устраивается такимъ образомъ, что вмѣстѣ съ крышей мельницы, а иногда и со всею мельницею можетъ вращаться. Это дѣлается для того, чтобы можно было установить крылья по вѣтру. Сквозъ этотъ валъ, перпендикулярно къ нему, продѣваются другъ друга перекрещивающія подъ прямымъ угломъ два бруса длиною около 80 фут.; ихъ наз. махами. На этихъ махахъ укрѣпляются крылья такъ: каждый брусъ по обѣ стороны вала, начиная съ шестаго или седьмого фута своей длины отъ оси, содержитъ въ себѣ поперечные бруски (перья или иглицы), которыя или обшиваются только дранью или обтягиваются полотномъ.

Такимъ способомъ и получаютъ четыре крыла обыкновенной мельницы. Крылья близъ вала дѣлаются наклонными къ плоскости обоеихъ маховъ подъ угломъ около 30°, тогда какъ вдали отъ него поверхность крыльевъ составляетъ съ этою плоскостью уголъ около 12 градусовъ, отчего плоскость крыла получаетъ изогнутый видъ.

Само собою понятно, что сила такой мельницы возрастаетъ по мѣрѣ увеличенія ея крыльевъ и силы вѣтра. Но такъ какъ сила вѣтра подвержена большимъ измѣненіямъ, то и сила мельницы становится то больше, то меньше. При отсутствіи вѣтра машина можетъ не устоять противъ поломки. Это и составляетъ причину почему силою вѣтра пользуются только ради дешевизны и именно только въ тѣхъ случаяхъ, когда не представляется никакой другой силы двигателя.

Работа такой мельницы при наивыгоднѣйшей скорости вѣтра 20—22 фута можетъ доходить до 9—10 лошадиныхъ силъ.

Вѣтряные двигатели чаще всего имѣютъ четыре крыла, хотя число ихъ иногда достигаетъ шести. Валъ долженъ быть установленъ по направленію вѣтра, а потому при перемѣнахъ вѣтра приходится его переставлять; съ этою цѣлю опоры подшипниковъ дѣлаются поворотными около вертикальной оси.

Поворотность вала достигается двумя способами: 1) Въ козловыхъ или нѣмецкихъ мельницахъ поворачивается на забитой въ землю сваѣ все мельничное зданіе, которое состоитъ изъ небольшого квадратнаго домика.

По типу козловыхъ мельницъ обыкновенно ставятъ крестьянскія мельницы, дешевыя по устройству и работающія весьма несовершенно. 2) Въ господскихъ или шатровыхъ мельницахъ корпусъ зданія остается неподвижнымъ, а поворачивается только верхняя его часть, шатеръ, которому придаютъ круглую форму, на подобіе башни и въ которой устанавливается валъ съ крыльями.

Ось вращенія шатра должна въ точности совпадать съ передаточною осью и устанавливается вертикально въ неподвижной части зданія для того, чтобы при поворачиваніи шатра прерывалось сѣпленіе между передаточными зубчатыми колесами.

Шатровые мельницы вообще работаютъ лучше козловыхъ, но имѣ-

ють общій съ ними недостатокъ, именно тотъ, что ихъ приходится ставить на вѣтеръ и подъ вѣтеръ, что составляетъ довольно трудное дѣло при сильномъ вѣтрѣ. Если же вѣтеръ дуетъ съ порывами, мѣняя свое направленіе, то двигатель работаетъ неравномѣрно.

Для устрaненія этихъ неудобствъ были изобрѣтены американскіе двигатели съ автоматической установкой. Они отличаются легкимъ ходомъ и могутъ работать даже при самомъ незначительномъ вѣтрѣ.

Вѣтряные двигатели въ настоящее время примѣняются въ Россіи только для размолa зерновыхъ хлѣбовъ и рѣже для водокачекъ, хотя кругъ примѣненія ихъ можетъ быть значительно расширенъ.

Въ прилагаемой ниже таблицѣ показано число вѣтряныхъ дней въ году и скорость вѣтра.

Средняя скорость вѣтра.	1,5	3,6	5	7,1	9,3
	Число вѣтряныхъ дней.				
Архангельскъ	154	97	62	41	21
Астрахань	256	62	30	12	4
Варшава	218	68	44	26	8
Екатеринбургъ	220	72	46	22	5
Казань	238	79	40	8	—
Кіевъ	176	102	66	23	—
Москва	208	101	44	12	—
С.-Петербургъ	261	72	26	6	—

Изъ этихъ данныхъ видно, что въ Россіи преимущественно дуютъ только слабые вѣтры, которые могутъ приводить въ движеніе легкіе на ходу двигатели.

Газовые и керосиновые двигатели.

Газовые двигатели представляютъ ту особенность (сравнительно съ паровыми), что нагрѣваніе и воспламененіе газовой смѣси и развитіе въ ней теплоты для преобразованія въ механическую работу происходитъ въ самомъ рабочемъ цилиндрѣ. Смѣсь газа съ воздухомъ впускается въ цилиндръ двигателя, нагрѣвается тамъ, воспламеняется, производя легкій взрывъ и, увеличиваясь въ объемъ давить, на поршень, производя работу.

Свѣтильный газъ состоитъ изъ весьма нестойкой по составу смѣси водорода, тяжелыхъ и легкихъ углеводородовъ съ небольшою примѣсью окиси углерода и азота. Чѣмъ эта газовая смѣсь богаче горячими газами, т. е. водородомъ и углеводородами, тѣмъ она можетъ развить въ цилиндрѣ большую температуру и произвести больше механической работы.

Въ мѣстностяхъ, гдѣ не имѣется газоваго завода, употребляется весьма распространенный за-границею аппаратъ Довсона, который производитъ такъ наз. водяной газъ. Этотъ газъ получается пропусканіемъ черезъ раскаленный до красна каменный уголь водяного пара.

Для приведенія въ дѣйствіе ширша цилиндра газомотора необходимо, чтобы смѣсь газа съ воздухомъ произвела взрывъ. При обыкновенной температурѣ нормальномъ атмосферномъ давленіи легкою воспламеняемостью обладаютъ смѣси изъ 1 объема газа и—12 объемовъ воздуха. Въ газомоторахъ чаще всего берутъ смѣсь газа и воздуха въ отношеніи 1:6 и 1:7.

Количество работы въ газомоторѣ увеличивается одновременно съ

повышеніемъ температуры и давленія. Чѣмъ быстрѣе происходитъ сгораніе смѣси газа и воздуха, тѣмъ температура будетъ выше. Сжатіе усиливаетъ давленіе, развиваемое при сгораніи смѣси.

По способу дѣйствія газа въ цилиндрѣ газомоторы можно подраздѣлить на машины безъ сжатія заряда и машины съ сжатіемъ снаряда. Въ первыхъ взрывчатая смѣсь подъ давленіемъ атмосферы всасывается въ цилиндръ поршнемъ при началѣ его движенія отъ крышки цилиндра, послѣ чего впускъ смѣси прекращается и происходитъ взрывъ, сообщающій поршню движеніе до слѣдующаго взрыва.

Въ машинахъ съ сжатіемъ заряда взрывчатая смѣсь всасывается въ цилиндрѣ атмосфернымъ давленіемъ, сдавливается и взрывается.

Машины второго типа наиболѣе употребительны; ихъ строятъ двойного и ординарнаго дѣйствія, въ зависимости отъ того дѣйствуетъ-ли газъ попеременно съ одной и съ другой стороны поршня или же только съ одной стороны поршня.

Кромѣ того бываютъ: двутактные двигатели, у которыхъ на каждый оборотъ вала приходится одинъ взрывъ газовой смѣси и четырехтактные—одинъ взрывъ на два оборота вала.

Четырехтактное распредѣленіе въ настоящее время примѣняется къ постройкѣ почти всѣхъ газомоторовъ. Въ ихъ дѣйствіи различаютъ 4 періода: всасываніе заряда въ цилиндръ, сжатіе заряда, воспламененіе и рабочей ходъ поршня и удаленіе отработанныхъ газовъ.

Въ самомъ цилиндрѣ происходятъ давленія отъ сжатія заряда $2\frac{1}{2}$ — 5 атм.; при сгораніи газовъ 15—17 атм. и въ концѣ хода поршня 2 — 5 атмосферъ.

Всякій газомоторъ, подобно паровой машинѣ, состоитъ изъ цилиндра съ поршнемъ, прямолинейное движеніе котораго при помощи кривошипа преобразуется въ вращательное движеніе вала машины. Кромѣ того газомоторъ долженъ имѣть особія приспособленія, посредствомъ которыхъ производится распредѣленіе и воспламененія взрывчатой смѣси. Такія приспособленія имѣютъ цѣлью составить въ надлежащей пропорціи взрывчатую смѣсь газа и воздуха, вцѣпить эту смѣсь въ цилиндръ, воспламенить ее и затѣмъ выкутить отработанные газы въ отводную трубу.

Разсмотримъ послѣдовательный ходъ этихъ операций, исполняемыхъ нѣсколькими органами.

Смѣшеніе горячаго газа съ воздухомъ производится въ моментъ ихъ всасыванія въ цилиндръ двигателя чрезъ пролеты надлежащей величины. Притокъ газа регулируется при помощи крана у газопроводной трубы; тоже дѣлаютъ и относительно выпускаемаго воздуха.

Въ двигателяхъ съ предварительнымъ сжатіемъ газовъ распредѣлитель открываетъ впускъ въ началѣ перваго хода поршня впередъ и закрываетъ его только въ концѣ этого хода; что касается выпуска газовъ въ четырехтактныхъ двигателяхъ, то онъ открывается въ началѣ второго хода поршня назадъ.

Для впуска смѣси газовъ и выпуска отработанныхъ въ трубу служитъ одинъ и тотъ же органъ или два отдѣльныхъ, причѣмъ одинъ изъ нихъ производитъ также и воспламененіе. Вообще зажиганіе газовой смѣси можно произвести: пламенемъ, раскаленнымъ тѣломъ и электрической искрой.

Зажиганіе пламенемъ приводится всасываніемъ этого пламени, какъ это мы видимъ въ двигателяхъ безъ сжатія газовой смѣси. Накаливаніе проволоки снаружи и приведеніе этой проволоки, въ надлежащій моментъ, въ соприкосновеніе съ взрывчатой смѣсью употребляется чаще всего. Сюда же относится и способъ зажиганія раскаленной до красна электрическимъ токомъ платиновой проволокой.

Въ самой тѣсной связи съ газомоторами стоятъ бензиновые и ке-

росиновые двигатели, изъ которыхъ они произошли, такъ что главные принципы, положенные въ основу ихъ дѣйствія, равно какъ и нѣкоторыя детали имѣются у нихъ общія. Вся разница заключается въ томъ, что какъ и нѣкоторыя детали имѣются у нихъ общія. Вся разница заключается въ томъ, что какъ бензиновые, такъ и керосиновые двигатели приводятся въ движеніе не готовымъ газомъ, а жидкими углеводородами: бензиномъ и керосиномъ.

Бензиновые двигатели удобны и выгодны къ постановкѣ только въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ этотъ продуктъ перегонки нефти очень дешевъ, какъ напр, на кавказѣ. Что касается керосиновыхъ двигателей, то кругъ примѣненія ихъ много шире, ибо керосинъ можно достать всюду по недорогой цѣнѣ.

Дѣйствіе рабочего газа въ цилиндрѣ машины въ газомоторахъ бензиновыхъ и керосиновыхъ двигателяхъ весьма сходное и отличается только нѣкоторыми малозначущими мелочами.

Различаютъ слѣдующія системы газовыхъ двигателей:

1) Машины безъ сжатія заряда, въ которыхъ поршень отходя отъ крышки цилиндра, въ первой части своего хода присасываетъ взрывчатую смѣсь, отсѣкается притокомъ газовъ и производитъ запаль остальную же часть своего пути поршень совершаетъ подъ давленіемъ газа.

2) Атмосферныя машины съ вертикальнымъ цилиндромъ. Здѣсь присасываніе заряда и зажиганіе происходитъ такъ же, какъ и въ первомъ случаѣ, но затѣмъ поршень, разобщенный отъ кривошипа, идетъ вверхъ и переходитъ за то положеніе, при которомъ давленіе газовъ будетъ равно атмосферному. При этомъ подъ поршнемъ образуется разряженное пространство, такъ что поршень подъ дѣйствіемъ атмосфернаго давленія и собственного вѣса идетъ обратно внизъ и посредствомъ особаго механизма автоматически сдѣлается съ главнымъ валомъ, причѣмъ продукты горѣнія отводятся въ трубу.

3) Машины съ постепеннымъ сгораніемъ заряда, примѣненныя Врайтономъ къ своему бензиномотору, въ которомъ взрыва газа не бываетъ и онъ сгораетъ по мѣрѣ притока въ цилиндръ.

4) Машины прямого дѣйствія съ сгущеніемъ заряда и зажиганіемъ въ мертвой точкѣ. Въ этихъ машинахъ послѣ предварительнаго сжатія заряда, при сжиганіи газовъ, получается довольно высокое давленіе, увеличивающее полезное дѣйствіе машины.

Въ моторахъ новѣйшаго устройства надо различить четыре періода или такта:

- | | | |
|----------------|--------------|-----------------------|
| При 1-мъ тактѣ | присасываніе | заряда. |
| " 2-мъ " | сжатіе. | |
| " 3-мъ " | зажиганіе и | рабочій ходъ. |
| " 4-мъ " | вытесненіе | отработанныхъ газовъ. |

Бензинъ испаряется при обыкновенной температурѣ, а потому добываніе бензиновыхъ паровъ можетъ быть сдѣлано холоднымъ или полутеплымъ способомъ. Для этой цѣли примѣняется пульверизація бензина въ воздухъ или же пульверизація воздуха въ бензинъ.

Надо замѣтить, что бензиновый двигатель можетъ безъ всякихъ измѣненій работать свѣтильнымъ газомъ, если его соединить съ газопроводомъ.

Керосинъ испаряется при обыкновенной температурѣ очень медленно а потому его превращеніе въ пары представляетъ не такое легкое дѣло, какъ для бензина; для этого необходимо прибѣгнуть къ подогреванію керосина, вслѣдствіе чего распредѣлительные механизмы керосиновыхъ двигателей приходится устраивать иначе, чѣмъ у газомоторовъ. Для

подогрѣванія керосинъ поступаетъ предварительно въ особую камеру, называемую испарителемъ, причемъ его подача сюда изъ керосиноваго резервуара производится самостою или приводимой въ дѣйствіе самимъ двигателемъ впускныхъ пролетовъ помпой. Испаритель, вмѣстѣ съ послѣдней, является, такимъ образомъ, необходимою принадлежностью керосиновыхъ двигателей, какой мы не встрѣчали у газомоторовъ.

Керосиновые двигатели обыкновенно строятся четырехтактными и распредѣлительный механизмъ у нихъ работаетъ въ томъ же порядкѣ, какъ и въ газомоторахъ, а именно при первомъ ходѣ поршня впередъ происходитъ всасываніе приготовленнаго въ испаритель заряда взрывчатой смѣси, т. е. открываніе впускныхъ пролетовъ, при первомъ обратномъ ходѣ сжатіе этой смѣси, т. е. закрываніе впускныхъ пролетовъ; при второмъ ходѣ впередъ воспламененіе смѣси и при второмъ обратномъ ходѣ вытѣсеніе продуктовъ горѣнія, т. е. открытіе выпускнаго клапана.

Распредѣлительные механизмы бываютъ весьма различнаго устройства; съ ними мы познакомимся при описаніи керосиновыхъ двигателей различныхъ заводовъ, а теперь скажемъ только, что распредѣленіе производится по большей части клапанами, а не золотниками.

Въ керосиновыхъ двигателяхъ прамѣняется почти исключительно воспламененіе запальной трубкой; керосиновые пары воспламеняются труднѣе свѣтельнаго газа, а потому для нихъ требуется болѣе энергичное воспламеняющее средство, такимъ является запальная трубка. Накаливается она пламенемъ керосиновой горѣлки, которое нагреваетъ обыкновенно и трубку, подающую керосинъ къ горѣлкѣ, такъ что этотъ керосинъ испаряется и горѣлка даетъ сильное бездымное пламя. Передъ пусканіемъ двигателя въ ходъ приходится нагрѣть эту трубку спиртовой лампой. Если подогрѣваніе рабочаго керосина производится по первому способу, то испаритель обыкновенно располагается около этого пламени, такъ что послѣднее служитъ и для нагрѣванія рабочаго керосина. Сверху пламя прикрывается обыкновенно рефлекторомъ изъ асбеста или огнеупорной глины, чѣмъ достигается болѣе сосредоточенное нагрѣваніе.

Газовые и керосиновые двигатели, особенно четырехтактные, получающіе толчекъ для движенія только разъ за четыре хода поршня, нуждаются въ регулированіи хода гораздо больше паровыхъ машинъ почти съ непрерывнымъ дѣйствіемъ силы. Въ виду этого они снабжаются тяжелыми маховиками и особыми регуляторами, исполняющими свое назначеніе воздѣйствіемъ на процессы совершающіеся въ цилиндрѣ машины.

9	25,12	38,20	51,61	65,36	79,45	93,88	108,65	123,76	139,20
1/4	25,80	39,21	52,97	67,06	81,49	96,21	111,36	126,81	142,00
1/2	26,48	40,23	54,32	68,75	82,52	98,63	114,08	129,87	145,99
3/4	27,16	41,25	55,68	70,45	85,56	101,01	116,80	132,92	149,39
10	27,84	42,27	57,04	72,15	87,60	103,38	119,51	135,98	152,78
1/4	28,52	43,29	58,40	73,85	89,63	105,76	122,23	139,03	156,18
1/2	29,20	44,31	59,76	75,54	91,67	108,14	124,94	142,09	159,57
3/4	29,88	45,33	61,11	77,24	93,71	110,51	127,66	145,15	162,97
11	30,56	46,34	62,47	78,94	95,74	112,89	130,38	148,20	166,37
1/4	31,24	47,36	63,83	80,64	97,78	115,27	133,09	151,26	169,76
1/2	31,91	48,38	65,19	82,33	99,82	117,64	135,81	154,31	173,16
3/4	32,59	49,40	66,55	84,03	101,86	120,02	138,52	157,37	176,55
12	3,27	50,42	67,90	85,73	103,89	122,40	141,24	160,42	179,95

Вѣсъ двухъ фланцевъ или одного раструба (муфты) трубы, діаметромъ d и толщиной стѣнки L , принимается равной вѣсу погоннаго фута трубы, діаметръ которой въ свѣту $= d + 2L$.

Катанные валы

Неточеные и въ обточенномъ видѣ.

Металлъ, идущій на изготовленіе валовъ, преимущественно сталь и литое желѣзо для всѣхъ діаметровъ, для діам. до 4 дюйм. можетъ быть и сварочное желѣзо.

ТАБЛИЦА VIII.

Выправленные валы неточеные.

Вѣсъ данъ для литого желѣза и стали. Сварочное желѣзо на 2 ⁰ / ₀ легче					
Діам. въ дюймахъ.	Вѣсъ погоннаго фута въ фунт.	Діам. въ дюймахъ.	Вѣсъ погоннаго фута въ фунт.	Діам. въ дюймахъ.	Вѣсъ погоннаго фута въ фунт.
2	11,84	3 ¹ / ₄	31,26	4 ⁵ / ₈	63,30
2 ¹ / ₈	13,68	3 ³ / ₈	33,71	4 ³ / ₄	66,77
2 ¹ / ₄	14,99	3 ¹ / ₂	36,25	5	73,99
2 ³ / ₈	16,68	3 ⁵ / ₈	38,89	5 ¹ / ₄	81,72
2 ¹ / ₂	18,50	3 ³ / ₄	41,61	5 ¹ / ₂	89,72
2 ⁵ / ₈	20,39	3 ⁷ / ₈	44,44	5 ³ / ₄	94,70
2 ³ / ₄	22,38	4	47,35	6	106,48
2 ⁷ / ₈	24,46	4 ¹ / ₄	53,46	6 ¹ / ₂	125,03
3	26,64	4 ³ / ₈	56,64	7	145,01
3 ¹ / ₈	28,90	4 ¹ / ₂	59,03		

Нормальная длина валовъ.

Діаметръ вала въ дюймахъ	2—3 ¹ / ₂	3 ⁵ / ₈ —6	6 ¹ / ₂ —7
Нормальная длина въ футахъ	16—11	12	10

ТАБЛИЦА IX.

Точеные валы.

Въсь данъ для литого желѣза и стали. Сварочное желѣзо на 2 ⁰ / ₀ легче.				
Діам. вала обточен. въ дюймахъ.	Діам. вала до обточки въ дюйм.	Въсь погоннаго фута въ фунтахъ.		Отнош. въса вала необто- ченнаго къ обточенному.
		Обточен. вала.	Валь до обточки.	
2	2 ¹ / ₄	11,84	14,99	1,2656
2 ¹ / ₄	2 ¹ / ₂	14,99	18,50	1,2347
2 ¹ / ₂	2 ³ / ₄	18,50	22,38	1,2099
2 ³ / ₄	3 ¹ / ₈	22,38	28,90	1,2913
3	3 ³ / ₈	26,64	33,71	1,2656
3 ¹ / ₄	3 ⁵ / ₈	31,26	38,89	1,2440
3 ¹ / ₂	3 ⁷ / ₈	36,25	44,44	1,2258
3 ³ / ₄	4 ¹ / ₈	41,61	49,35	1,1859
4	4 ³ / ₈	47,35	56,64	1,1963
4 ¹ / ₄	4 ⁵ / ₈	53,46	63,30	1,1842
4 ¹ / ₂	4 ⁷ / ₈	59,03	70,33	1,1915
4 ³ / ₄	5 ¹ / ₈	66,77	77,73	1,1641
5	5 ³ / ₈	73,99	85,50	1,1556
5 ¹ / ₂	6	89,72	106,48	1,1865
6	6 ¹ / ₂	106,48	125,48	1,1741
6 ¹ / ₂	7	125,03	145,01	1,1597

Максимальная длина валовъ.

Діаметръ валовъ въ дюймахъ	2-3 ¹ / ₂	3 ⁵ / ₈ -6	6 ¹ / ₂ -7
Максимальная длина въ футахъ	31	17	12

ТАБЛИЦА X

чисель, на которыя надо помножать вѣсъ модели для того, чтобы получить вѣсъ отлитой вещи.

Материаль модели.	Материаль отлитой вещи.					
	Чугунъ.		Желтая мѣдь.	Красная мѣдь.	Пушечный металлъ.	Цинкъ.
	α	β				
Сосна или ель.	14	17,5	15,8	16,4	16,3	13,5
Дубъ	9,0	10,9	10,1	10,4	10,3	8,6
Вукъ	9,7	11,1	10,9	11,4	11,3	9,4
Липа	13,4	15,0	15,4	15,7	15,5	12,9
Береза.	10,2	13,0	11,5	11,9	11,8	9,8
Желтая мѣдь	0,84	0,95	0,95	0,99	0,98	0,81
Цинкъ	1	—	1,13	1,17	1,16	0,96
Олово	0,89	1,11	1	1,03	1,03	0,85
Свинець.	0,64	0,79	0,72	0,74	0,74	0,61
Чугунъ	0,97	—	1,09	1,13	0,12	0,93

Въ столбцѣ α означены среднія числа; въ столбцѣ β —наибольшія числа.

ТАБЛИЦА XI .

осадки.

Осадка будетъ.	Линейная.	Кубическая.
Для чугуна	$\frac{1}{97}$	$\frac{1}{32}$
„ желтой мѣди.	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{23}$
„ пушечнаго металла	$\frac{1}{130}$	$\frac{1}{44}$
„ статушной бронзы	$\frac{1}{77}$	$\frac{1}{26}$
„ олова	$\frac{1}{146}$	$\frac{1}{49}$
„ свинца.	$\frac{1}{92}$	$\frac{1}{31}$

Вычисленіе вѣса литья.



Вѣсъ большихъ отлитыхъ вещей можно приблизительно вычислить по слѣдующей формулѣ:

$$P = \frac{a-1}{a} \cdot \frac{S}{s} M.$$

Въ этой формулѣ:

s означаетъ удѣльный вѣсъ модели,

S „ „ „ „ литья,

M „ абсолютный вѣсъ модели,

a „ отношеніе объема первоначального къ уменьшенію этого объема во время остыванія отлитой вещи. Для чугуна $a=32$, потому что потерянный объемъ равняется $\frac{1}{32}$ части первоначального объема.

Вѣсъ зубчатыхъ колесъ и шкивовъ находится приблизительно умножая діаметръ (въ сантиметрахъ) на ширину и на слѣдующіе вѣса:

Для малыхъ колесъ, до 90 сант. въ діам.	0,10—0,13 кил.
„ большихъ „ „ 240 „ „ „	0,13—0,17 „
„ „ „ „ отъ 250 до 400 сант.	0,17—0,22 „
„ колесъ въ катальныхъ станахъ	0,25—0,36 „
„ шкивовъ	0,033—0,05 „

Примѣръ. Вѣсъ колеса въ 3,1 метра діаметромъ и $17\frac{1}{2}$ сант шириною будетъ, смотря по величинѣ колеса:

$$\text{отъ } 310 \times 17,5 \times 0,17 = 922 \text{ киллограммовъ.}$$

$$\text{до } 310 \times 17,5 \times 0,22 = 1191 \text{ „}$$

При оцѣнкѣ машинъ, приводовъ, желѣзныхъ мостовъ и проч., принимается въ соображеніе вѣсъ отдѣльныхъ частей матеріала и работа, которую надобно употребить на изготовленіе этихъ частей. Когда исполнительные чертежи составлены, тогда необходимо раздѣлить составныя части проектированной постройки на группы. Одна группа, положимъ, содержитъ такія части, которыхъ единица вѣса требуютъ наибольшей работы, а другая—такія, которыхъ единица вѣса требуетъ наименьшей работы. Послѣ этого остается только вычислить вѣсъ каждой группы и помножить его на соответствующую цѣну единицы вѣса. Сумма произведеній дастъ цѣну всей машины или вообще всей постройки.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	СТР.
Таблица русскихъ мѣръ	1
Метрическая система мѣръ	3
Русскій вѣсъ	4
Метрическій вѣсъ	—
Арифметическія правила	8
Формулы	13
Геометрія	17
Измѣреніе длины	28
Измѣреніе площадей	20
Измѣреніе объемовъ	31
Сопротивленіе матеріаловъ	32
Веревки, цѣпи и проволочные канаты	40
Задачи на сопротивленіе канатовъ и цѣпей	45
Законы движенія	48
Сложеніе и разложеніе силъ	56
Центробѣжная сила	59
Движеніе твердыхъ тѣлъ и ударъ	61
Движеніе жидкостей и воздуха	66
Простыя машины	71
Треніе	77
Движущія силы	79
Гидравлика	80
Гидравлическіе пріемники	87
Водяные колеса	—
Турбины	97
Насосы	103
Гидравлическій прессъ	106
Пожарныя трубы	107

	СТР.
Зубчатая колеса	108
Безконечный винтъ	112
Передача движенія безконечнымъ ремнемъ и проволочными канатами.	113
Детали машинъ	117
Шипы вертикальныхъ валовъ	123
Маховыя колеса	126
Паровыя котлы	128
Паровыя машины	137
Паропроводы и волопроводы	150
Паровозы	152
Локомобили	156
Пароходы	158
Вѣтряные двигатели	162
Газовые и керосиновые двигатели	163
Приложеніе таблицы	

EESTI RAHVUSRAAMATUKOGU



2-00-04408

