

Маргерръ съ турбиной Парсонса въ 1450 л. с. ¹³³), Гутермутъ съ турбиной Шульце въ 650 л. с. ¹³⁴) и Стодоля съ турбиной Зульцеръ въ 2900 л. с. ¹³⁵).

Заводскія лабораторіи. Въ заключеніе перечислимъ тѣ, правда, крайне немногочисленныя и краткія свѣдѣнія, которыя имѣются въ литературѣ о спеціальныхъ заводскихъ лабораторіяхъ для испытанія паровыхъ турбинъ.

Одной изъ первыхъ по времени опубликованія является испытательная станція завода Ричардсъ, Вестгартъ и К^о, Гартльпуль, Англія ¹³⁶), строящаго турбины системы Парсонса. Затѣмъ идетъ статья Лаше о станціи В. К. Э. въ Берлинѣ ¹³⁷). Кое-какія свѣдѣнія и чертежи есть относительно испытательной станціи завода Вулканъ въ Гамбургѣ ¹³⁸). Наконецъ, послѣднія свѣдѣнія относятся къ станціи завода Джонъ и Броунъ, Клайдбэнкъ, Англія ¹³⁹), строящаго турбины видоизмѣненной системы Кертисъ.

ГЛАВА IX.

Производство испытаній.

46. Производство отчетовъ.—Для производства отчетовъ имѣютъ значеніе три вопроса времени: когда начинать отчеты, т. е., самое испытаніе, черезъ какіе промежутки производить отчеты, и, наконецъ, когда ихъ кончать, т. е., сколько времени должно длиться испытаніе.

Начало отчетовъ должно имѣть мѣсто, когда наступитъ вполне установившееся состояніе всей турбины. Не говоря уже о необходимости постоянства нагрузки, числа оборотовъ, давленія и температуры пара, надо предварительно убѣдиться, что достигнуто установившееся состояніе турбины въ смыслѣ тепловомъ: что потеря тепла на лучеиспусканіе достигла постоянной величины, и что всѣ части турбины приняли постоянную температуру, такъ какъ помимо потери тепла на нагреваніе, отъ этого зависятъ удлиненіе частей и величины зазоровъ, какъ у лопатокъ, такъ и у различныхъ лабиринтовыхъ уплотненій, т. е., зависятъ потери пара на соотв. утечки.

Надежными показателями установившагося состоянія въ тепловомъ отношеніи можно считать, во-первыхъ, постоянство получаемого количества конденсата, измѣряемаго за опредѣленные небольшіе промежут-

¹³³) Z. V. d. I. 1908, S. 1346.

¹³⁴) Z. V. d. I. 1910, S. 82.

¹³⁵) Z. V. d. I. 1911, S. 1709.

¹³⁶) Z. V. d. I. 1905, S. 2120; Engng. 80, 1905, p. 471.

¹³⁷) Z. V. d. I. 1909, S. 648.

¹³⁸) Engng. 90, 1910, p. 375, pl. XXIX.

¹³⁹) Engng. 90, 1910, p. 465, pl. XXXIX; Z. Turb. 1911, S. 284.

ки времени, или, при пользованіи сосудами съ истеченіемъ черезъ отверстія Понселэ, постоянство уровня конденсата въ сосудѣ, и, во-вторыхъ, постоянство температуры нѣкоторыхъ частей турбины, напр., ножекъ у корпуса у обоихъ концовъ турбины или, если чугунныя ребра у горизонтальной плоскости разъема корпуса не закрыты жестью, то температуры этихъ реберъ близъ входа пара и выхода изъ турбины. Указанныя измѣренія температуры производятся при помощи ртутныхъ термометровъ съ возможно мелкими дѣленіями: въ крайнемъ случаѣ въ $\frac{1}{2}^{\circ}$, но лучше въ $\frac{1}{5}^{\circ}$ или даже $\frac{1}{10}^{\circ}$. Термометръ надо прижать возможно плотно къ соотв. части чугунной отливки; для лучшей теплопередачи полезно обернуть шарикъ съ ртутью оловянной бумагой, а для изоляціи отъ случайнаго движенія воздуха прикрыть ватой. Чтобы термометръ случайно не упалъ, полезно осторожно притянуть его къ чугуну нитками или мягкой проволокой. Въ общемъ надо имѣть въ виду, что для полученія установившагося состоянія турбина должна проработать при данныхъ условіяхъ довольно продолжительное время, цѣлый часъ, а иногда и болѣе.

Промежутки между отчетами должны быть для полученія правильныхъ среднихъ величинъ возможно малыми и, что особенно важно, строго одинаковыми. Въ общемъ при установившемся состояніи достаточно всѣ главные отчеты дѣлать черезъ каждыя 5 мн., а вспомогательные, какъ, напр., отчеты температуры охлаждающей воды у холодильника или расходъ ея по водомѣру, можно дѣлать даже рѣже, черезъ каждыя 10 мн.. При этомъ отчеты суммирующихъ приборовъ, какъ то: счетчика оборотовъ или прибора, измѣряющаго расходъ пара по количеству конденсата, надо дѣлать съ особенной точностью, до 1 ск., а остальные—для полученія среднихъ величинъ, какъ отчеты по тахометру или по термометрамъ и манометрамъ—можно дѣлать и черезъ менѣе строго одинаковые промежутки.

Если показанія приборовъ колеблется, напр., у ампер- или ватт-метровъ, то отчеты дѣлаютъ и чаще (черезъ $2\frac{1}{2}$, даже 1 мн.).

Продолжительность испытанія зависитъ отъ того, насколько исполнено требованіе установившагося состоянія, и насколько тщательно и аккуратно производятся отчеты. Во всякомъ случаѣ, необходимая продолжительность каждаго испытанія турбины значительно менѣе, чѣмъ у поршневыхъ паровыхъ машинъ. Въ среднемъ можно считать, что каждое испытаніе, при которомъ опредѣляется расходъ пара, должно длиться около 60 мн.; при исполнѣ установившемся состояніи и тщательномъ производствѣ отчетовъ эту продолжительность можно уменьшить даже до 30 мн.; впрочемъ нѣкоторые испытатели увеличиваютъ продолжительность до 90 мн., но рядомъ съ тѣмъ ограничиваются испытаніемъ продолжительностью въ 60 и даже 30 мн..

Образцы журналовъ. Ниже, таблицы 6÷13, приведены образцы журналовъ наиболѣе ходовыхъ и важныхъ измѣреній. По этимъ образ-

цамъ, а также по образцамъ, указаннымъ въ сноскахъ ¹¹³⁾ до ¹³⁵⁾, нетрудно составить журналы и для другихъ измѣреній или для другихъ измѣрительныхъ приборовъ и приспособленій. Нужно сказать, что пользованіе подобными журналами, заранее разграфленными съ систематизированнымъ порядкомъ отчетовъ, а при частыхъ испытаніяхъ пользованіе соотв. печатными бланками очень облегчаетъ производство испытаній и увеличиваетъ ихъ точность и надежность результатовъ.

Таблица 6.

Журналъ № 1	
въ испытанію паровой турбины системы.....	завода.....
соединенной съ .....	.....
установленной по.....	.....
испытаніе производилось	191..... г. въ
Главные данныя и размѣры:	
Краткое описаніе системы, указаніе способа регулированія и эскизъ съ главными размѣрами рабочихъ колесъ и барабана.	
1, нормальная мощность турбины	д. л. с. или л. в.
2, нормальное число оборотовъ въ мин. <i>n</i> .....	.....
3, требуемое давленіе пара передъ впускомъ <i>p</i>	кгр./см. ² ман.
4, требуемая температ. „ „ „ <i>t</i>	°Ц.
5, требуемое разрѣженіе въ холодильнике.....	атм. абс. или 0/0.
6, число колесъ въ активной части съ указаніемъ числа рядовъ лопатокъ на каждомъ колесѣ.....	.....
7, число лопатокъ въ каждомъ ряду.....	.....
8, діаметры колесъ вмѣстѣ съ лопатками въ мм. ....	.....
9, длины лопатокъ въ мм. ....	.....
10, эскизы съ размѣрами лопатокъ и углами входа и выхода или, если нѣтъ бандажъ, соотв. оттиски .....	.....
11, число ступеней у барабана реактивной части съ указаніемъ числа рядовъ лопатокъ на каждой ступени.....	.....
12, число лопатокъ въ каждомъ ряду.....	.....
13, діаметры барабановъ безъ лопатокъ въ мм. ....	.....
14, длины лопатокъ въ мм. ....	.....
15, эскизы съ размѣрами лопатокъ и углами входа и выхода или, если возможно, сдѣлать соотв. оттиски .....	.....
16, есть ли бандажъ у лопатокъ, и какіе размѣры ихъ .....	.....
17, діаметръ пароподводящей грубы въ мм. ....	.....
18, діаметръ (размѣры) выпускного патрубкa въ мм. ....	.....
19, проходная площадь въ узкомъ сѣченіи перваго направляющаго прибора (или сопла) и ихъ число .....	.....
20, типъ холодильника съ главными размѣрами.....	.....
21, типъ насосовъ для подачи воды и воздушныхъ, главные размѣры ихъ и приведеніе въ дѣйствіе .....	.....

Таблица 7.

Журналъ № 2									
къ испытанію паровой турбины системы..... завода.....									
нормальной мощности въ.....;..... 191 г. въ.....									
отчеты производил.....									
Давленія и температуры пара и въ помѣщеніи.									
время ч. мин.	передъ турбиной		за дроссель- клапаномъ		при выходѣ изъ турб.		баро- метръ В мм. рт. ст.	въ по- мѣщ. t_n °Ц.	примѣчанія
	p атм. ман.	t °Ц.	p_1 атм. ман.	t_2 °Ц.	h_0 мм. рт. ст.	t_0 °Ц.			
									№№ приборовъ, поправки, которые надо ввести согласо- вно проверки, и т. п. разреженіе въ $\frac{0}{100}$: $\frac{100 \cdot h_0}{760} =$ абс. давл. $\frac{B - h_0}{737,4} =$ кгр./см. ²
среднія									

Таблица 8.

Журналъ № 3							
къ испытанію паровой турбины системы..... завода.....							
нормальной мощности въ.....;..... 191 г. въ.....							
отчеты производил.....							
Числа оборотовъ.							
время ч. мин.	раз- ность $\Delta \tau$ мин.	счет- чикъ Σn обор.	разн. Δn обор.	$n =$ $\frac{\Delta n}{\Delta \tau}$ обр./мин.	тахом. n' обр./мин.	давл. масла p атм. ман.	примѣчанія
	$\Sigma \Delta \tau$		$\Sigma \Delta n$	ср.			

Таблица 11.

Журналъ № 5								
къ испытанію паровой турбины системы..... завода.....								
нормальной мощности въ..... клв.;..... 191 г. въ.....								
отчеты производил.....								
Нагрузка турбины.								
время ч. мин.	вольтъ A	ампер. V	cos φ	клв.	возбужденіе			примѣчанія
					вольт.	ампер.	клв.	
								коэффициентъ отдачи генератора $\eta_g =$ работа на валу турбины $N_k =$ $= 0,001 A \cdot V \cos \varphi \cdot \eta_g =$ какую часть нормальной нагрузки составляла данная.....
среднія								

Таблица 12.

Журналъ № 5 bis							
къ испытанію паровой турбины системы..... завода.....							
нормальной мощности въ..... д. л. с.;..... 191 г. въ.....							
отчеты производил.....							
Нагрузка турбины водянымъ тормазомъ.							
время ч. мин.	раз- ность мин.	нагруз- ка G кгр.	показ. водо- мѣра лтр	раз- ность лтр.	температура воды		примѣчанія
					входа t_1 °Ц.	выхода t_2 °Ц.	
							длина плеча $L =$ м. изъ журнала № 3 среднее число обор./мин. $n =$ $N_e = 0,001396 G \cdot L \cdot n =$ д. с. по расходу воды Q кгр./час. работа $N_e = Q(t_2 - t_1) : 632,3 =$ д. с.
всего:			всего:		ср.		

Таблица 13.

Журналъ № 6									
къ испытанію паровой турбины системы завода.....									
нормальной мощности въ ; 191 г. въ									
отчеты производил.....									
Работа холодильника.									
время ч. мин.	раз- ность мин.	показ. водо- мѣра лтр.	раз- ность лтр.	температура воды		расходъ эвер- гін на насосъ воздушный		примѣчанія	
				входа t_1 °Ц.	выхода t_2 °Ц.	вольт. V	ампер. A		
								расходъ воды кгр./час.	
								работа насоса, при $\cos \varphi =$ и $\eta_a =$	
								$L_H = 0,001 A V \cos \varphi \cdot \eta_a =$ клв.	
								расходъ эвергін равенъ $0,001 A V \cos \varphi =$ клв.	
всего:		всего:	ср.:						

47. Обработка опытного матеріала.— Обработку сырого цифрового матеріала, полученнаго при испытаніи паровой турбины, можно разбить на двѣ стадіи: 1, выводъ среднихъ величинъ изъ всѣхъ производившихся во время испытанія записей и 2, вычисленіе величинъ, характеризующихъ данный опытъ, т. е., нагрузки турбины и расхода пара на 1 клв. или 1 д. л. с..

При болѣе подробныхъ испытаніяхъ научно-техническаго характера слѣдуетъ еще третья стадія: выясненіе вліянія на экономичность различныхъ факторовъ, какъ-то: величины перегрѣва, разрѣженія, какихъ-нибудь конструктивныхъ особенностей, а также выясненіе величины различныхъ потерь и, наконецъ, вычисленіе гидравлическаго коэффиціента отдачи η_p , какъ всей турбины, такъ и отдѣльныхъ колесъ и ступеней.

Нахожденіе среднихъ величинъ. При вычисленіи среднихъ величинъ не надо впадать въ ошибку, часто встрѣчающуюся даже у лучшихъ авторовъ, именно, чрезмѣрнаго увлеченія числомъ десятичныхъ знаковъ. При вычисленіи средней арифметической величины достаточно брать ее лишь на 1 знакъ больше, чѣмъ слагаемая. При вычисленіи средней величины, получающейся умноженіемъ или дѣленіемъ среднихъ арифметическихъ величинъ, надо брать лишь такое число десятичныхъ знаковъ или соотв. замѣнять единицы, иногда и десятки и сотни нулями, чтобы отбрасываніе лишнихъ значащихъ цифръ округляло получаемое число какъ разъ въ предѣлахъ точности его опредѣленія въ соотв. опытахъ.

Всѣ умноженія и дѣленія можно смѣло производить при помощи большой шкалы счетной линейки въ 25 см. длиной; при болѣе точныхъ испытаніяхъ полезно брать линейку длиной въ 50 см. или равную ей по точности линейку системы „прецизионъ“ А. Нестлера.

Точность и ея нахождение. Мѣриломъ точности среднихъ арифметическихъ величинъ можно считать среднюю ошибку m средней величины, вычисляемую по выраженію

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum [\delta_n]^2}{n(n-1)}}, \quad (101)$$

гдѣ $\sum [\delta_n]^2$ сумма квадратовъ разностей отдѣльныхъ измѣреній и средней величины a , а n число произведенныхъ измѣреній.

Собственно точность ν выражается въ % отъ средней величины a

$$\nu = \pm 100 m/a. \quad (102)$$

Если какое-нибудь измѣреніе производится неоднократно, напр., отмѣтка по секундомѣру момента отчетовъ по суммирующему счетчику оборотовъ или отмѣтка высоты барометра, то ошибку приходится вычислять по соотв. возможному отклоненію величины a на величину p отъ истинной, т. е.,

$$\nu = \pm 100 p/a. \quad (103)$$

Если величина A составляется какъ произведеніе или частное нѣсколькихъ величинъ, то ея средняя ошибка ν' равна суммѣ ν составляющихъ.

Если величина A получается какъ сумма или разность нѣсколькихъ величинъ, то ея средняя ошибка ν'' вычисляется по выраженію

$$\nu'' = \pm \sqrt{\sum (\nu)^2}, \quad (104)$$

гдѣ средняя ошибка ν въ % каждой отдѣльной величины a должна определяться по средней абсолютной ошибкѣ m относительно всего A , т. е. въ этомъ случаѣ

$$\nu = \pm 100 m/A. \quad (105)$$

Такое вычисленіе среднихъ ошибокъ, во-первыхъ, даетъ объективное мѣрило для оцѣнки испытаний и ихъ результатовъ, затѣмъ доказываетъ иной разъ невозможность достичь особенной точности при опредѣленіи той или иной величины, другой же разъ, наоборотъ, обнаруживаетъ бѣольшую точность какой-нибудь величины, чѣмъ это кажется на первый взглядъ и, наконецъ, очень полезно при выборѣ числа значащихъ цифръ у результата.

Вообще такое вычисленіе точности отдѣльныхъ величинъ и всего результата при техническихъ измѣреніяхъ практикуется очень рѣдко, но совершенно напрасно: соотв. вычисленія въ общемъ незатруднительны, а даютъ интересные, иной же разъ совершенно неожиданные результаты.

Критика и исправленіе записей. При выводѣ среднихъ величинъ не слѣдуетъ ограничиваться чисто механическимъ вычисленіемъ сред-

нихъ арифметическихъ величинъ для соотв. отчетовъ, а надо относиться къ нимъ критически, т. е., при выводѣ среднихъ величинъ внимательно всматриваться въ каждое записанное число, и, если оно является сомнительнымъ, то или исправить его, если это возможно, пользуясь другими записями, или совсѣмъ вычеркнуть его, если это возможно, или, наконецъ, даже забраковать и отбросить весь данный опытъ, если сомнительное число слишкомъ важно.

Конечно, при выводѣ среднихъ величинъ отнюдь не слѣдуетъ впадать также и въ другую крайность: въ слишкомъ легкое отношеніе къ цифрамъ и поспѣшную замѣну однихъ чиселъ другими. Отъ внимательности, осторожности и, можно сказать, особаго чутья лица, обрабатывающаго сырой цифровой матеріалъ, зависитъ въ значительной мѣрѣ цѣнность и точность конечныхъ результатовъ испытаній.

Что касается критики сдѣланныхъ записей и ихъ исправленія, то возможны нѣсколько случаевъ: простѣйшій, когда идетъ рядъ чиселъ, которыя должны, вообще говоря, оставаться постоянными, какъ, напр., температура вступающей въ холодильникъ воды или расходъ этой же воды въ единицу времени. Если, напр., все время температура эта стояла на $14,5^{\circ}$, а въ одномъ изъ промежуточныхъ отчетовъ стоитъ $18,5^{\circ}$, то, очевидно, это описка, которую нельзя принимать во вниманіе при вычисленіи средней величины; то-же самое надо сказать относительно рѣзкаго измѣненія расхода воды, если только число оборотовъ насоса не мѣнялось во время испытанія, и т. п..

Второй случай, когда ошибка въ какой нибудь записи можетъ быть провѣрена по другой записи. Такъ, напр., если показаніе ртутнаго вакууметра колебалось между 690 и 694 мм., а въ одномъ отчетѣ записано 660 мм., то надо посмотрѣть запись температуры пара у выпуска; такъ какъ паръ обычно влажный, то температура его зависитъ отъ абсолютнаго давленія, и для разрѣженія въ 690—694 мм. она составляетъ при средней высотѣ барометра около 36°Ц , а для 660 мм. около 46°Ц .; если указаннаго повышенія на 10° въ соотв. записи температуръ нѣтъ, то запись разрѣженія невѣрна, и для вычисленія средней величины ее не слѣдуетъ принимать въ расчетъ.

Наконецъ, третій случай исправленія записи, когда ошибка обнаруживается лишь путемъ болѣе сложныхъ сопоставленій; такъ, напр., если какая-нибудь величина сама по себѣ не внушаетъ сомнѣній, но при графическомъ изображеніи ея зависимости отъ какой-нибудь измѣнявшейся величины, напр., отъ давленія или температуры перегрѣва пара или нагрузки, получается не плавная кривая, а съ переломомъ или одна точка выходитъ сильно выше или ниже плавной въ остальномъ кривой. Иногда ошибку удастся выяснитъ, но чаще въ этихъ случаяхъ приходится просто отбросить данное испытаніе или по крайней мѣрѣ все, связанное съ сомнительной величиной.

Поправки отъ приборовъ. Выше, говоря о приборахъ, мы указали способы ихъ провѣрки. Большинство даже хорошихъ приборовъ нуждается въ введеніи поправокъ, найденныхъ опытнымъ путемъ при провѣркѣ. Не надо забывать вводить эти поправки, но дѣлать это можно уже къ среднимъ величинамъ.

48. Расходъ пара.—Однимъ изъ главныхъ вопросовъ, отвѣтъ на который требуется почти отъ каждого испытанія, это величина расхода пара D въ кгр. на единицу работы въ единицу времени.

За единицу времени въ технику принято брать 1 ч., относительно же единицы работы дѣло обстоитъ значительно менѣе опредѣленно. Во-первыхъ, слѣдуетъ замѣтить, что въ турбиностроеніи получили одинаковыя права гражданства двѣ единицы мощности: лош. сила, равная 75 кгр.м./сек., и киловаттъ, равный 102 кгр. м./сек.. Въ квл. мощность выражается только для турбогенераторовъ, которыхъ однако до сихъ поръ строится больше, чѣмъ турбинъ, соединенныхъ съ другими машинами-орудіями. При этомъ нужно замѣтить, что часто мощность турбины, соединенной съ электрическимъ генераторомъ, тоже выражается въ л. с..

Сообразно этому вычисляютъ расходъ пара или D_e кгр./л. с. ч., или для турбогенераторовъ еще и D_k кгр./квл. ч..

Относительно вычисленія расхода D_k нужно еще указать, что до сихъ поръ не установлено, къ какой работѣ N_k квл. его относить: къ полной ли работѣ на валу, включая расходъ энергіи на возбуждательную динамомашино и на приведеніе въ дѣйствіе электродвигателей, связанныхъ съ насосами для холодильника, или къ работѣ на валу, не добавляя расхода энергіи на возбужденіе, но и не вычитая расхода энергіи на охлажденіе, или, наконецъ, къ дѣйствительно полезной энергіи на распредѣлительной доскѣ, т. е., за вычетомъ энергіи, расходуемой на охлажденіе. Послѣдній способъ практически, пожалуй, самый правильный, такъ какъ учитываетъ работу всего агрегата, какъ такового. Впрочемъ, при правильномъ испытаніи оба указанныхъ расхода энергіи, на возбужденіе и на охлажденіе, все равно должны быть найдены и указаны, и тогда сдѣлать соотв. пересчетъ величины D_k не представляетъ затрудненій. То-же должно быть сказано и относительно вычисленія D_e : можно исключить изъ работы турбины расходъ работы на охлажденіе или нѣтъ; обыкновенно не исключаютъ. Для правильной оцѣнки экономичности турбины важно, вычисливъ D_k или D_e , указывать, къ какой работѣ они найдены. Только при этомъ условіи получатся цѣнные данныя, позволяющія правильное сравненіе различныхъ турбинъ между собой.

Кстати, если сперва вычисленъ расходъ пара D_k , отнесенный къ 1 квл., и надо найти расходъ D_e кгр./л. с. ч., то для этого необходимо знать отдачу η_e электрическаго генератора, и тогда

$$D_e = 0,736 \cdot \eta_e \cdot D_k; \quad (106)$$

разумѣется, величина D_k должна быть въ этомъ случаѣ вычислена по полной мощности N_k квл. безъ вычета расхода энергіи на возбужденіе и на охлажденіе.

Приведеніе величинъ D . Для правильнаго сравненія различныхъ турбинъ и различныхъ испытаній одной и той же турбины желательно приводить расходъ пара къ одинаковымъ условіямъ работы пара, т. е., къ одинаковому начальному давленію p , одинаковой температурѣ перегрѣва t , если паръ перегрѣтъ, или одинаковому паросодержанію x , если онъ влажный, и одинаковому давленію p_0 въ холодильникѣ.

Какъ извѣстно, расходъ пара D уменьшается: съ увеличеніемъ p и t или x и съ уменьшеніемъ p_0 . Это уменьшеніе величины D зависитъ отъ совокупности всѣхъ 3 указанныхъ величинъ, характеризующихъ условія работы пара, а также отъ конструкціи и мощности турбины, поэтому нельзя дать общихъ числовыхъ данныхъ для пересчета и можно лишь указать среднія данныя для различныхъ наиболѣе ходовыхъ частныхъ случаевъ. Впрочемъ, ниже мы укажемъ способъ болѣе точнаго пересчета при помощи простыхъ дополнительныхъ испытаній.

Начальное давленіе p по свѣдѣніямъ, сообщаемымъ заводомъ Браунъ, Бовери и К^о ¹⁴⁰⁾, для его турбинъ системы Парсонса вліяетъ слѣдующимъ образомъ: при мощности около 200 квл. увеличеніе p на 1 атм. даетъ уменьшеніе D на 1%; для турбинъ болѣе мощной увеличеніе p на 1 атм. даетъ уменьшеніе D на 1,5—2,0%. По даннымъ Мойера ¹⁴¹⁾ для американской турбины въ 200 квл. ¹⁴²⁾, по всей вѣроятности системы Кертисъ, каждая 1 атм. измѣненія p даетъ измѣненіе D на 3%; тотъ же Мойеръ даетъ для турбины Вестингаузъ-Парсонса въ 7500 квл. соотв. измѣненіе D на 1,4% ¹⁴³⁾. Далѣе, для вертикальной турбины Кертисъ въ 9000 квл. заводъ, на основаніи своихъ опытовъ, указалъ въ гарантіи на 1 атм. уменьшенія p увеличеніе D на 1,4% ¹⁴⁴⁾. Наконецъ, Стодоля ¹⁴⁵⁾ даетъ для p отъ 10 до 15 атм. при работѣ съ холодильникомъ на каждую 1 атм. измѣненія p —при насыщенномъ парѣ измѣненіе D на 1,7%, а при перегрѣтомъ до 300°—измѣненіе D на 1,0%.

Температура перегрѣва t . По даннымъ Браунъ, Бовери и К^о ¹⁴⁰⁾, повышеніе температуры пара t между 200° и 240° на каждые 10° даетъ уменьшеніе D на 1,8—2,0%; отъ 240° до 280° даетъ 1,5% и отъ 280° до 320° даетъ 1,3%; однако по другимъ даннымъ того же завода ¹⁴⁶⁾, для турбинъ въ 3000 квл. для t отъ 220 до 300° повышеніе на 10° да-

¹⁴⁰⁾ Brown, Boveri & Cie, Die Dampfturbinen, 4. Ausg. 1906, S. 57.

¹⁴¹⁾ Moyer, Steam turbines. New-York, 1908, p. 128; Moyer, Power plant testing, p. 298.

¹⁴²⁾ Мойеръ по американскому обыкновенію называетъ ее 125-квл., но нагружаетъ при испытаніи до 207 квл.

¹⁴³⁾ Moyer, Steam turb., p. 133; Moyer, Power plant test., p. 302.

¹⁴⁴⁾ Z. Turb. 1911, S. 159.

¹⁴⁵⁾ Stodola, Dampfturb., S. 212.

¹⁴⁶⁾ Z. V. d. I. 1908, S. 516.

етъ уменьшение D на 1,75%. По даннымъ Моейра¹⁴¹⁾ для указанной выше турбины въ 200 клв. повышение t на 10°Ц. даетъ уменьшение на 1,4%; ту-же цифру Мойеръ даетъ для турбины Кертиса въ 9000 клв.^{143), 144)}; для указанной выше турбины Вестингаузъ-Парсонса онъ даетъ нѣсколько меньшую величину, именно 1,25%. Для турбины Браунъ-Кертисъ было найдено уменьшение D на 1,8%¹⁴⁷⁾. Въ Hütte¹⁴⁸⁾ даются среднія величины 1,4÷2,0%. Наконецъ, Стодоля¹⁴⁵⁾ даетъ величину 1,3%.

Влажность пара x . Сравнительно рѣдкой работой современныхъ турбинъ безъ перегрѣва объясняется немногочисленность числовыхъ данныхъ о вліяніи паросодержанія x на расходъ пара D . Все же для упомянутой турбины Браунъ-Кертисъ было найдено¹⁴⁷⁾ на каждые 0,01 x увеличеніе D на 0,6%; Мойеръ¹⁴³⁾ даетъ для турбины Вестингаузъ-Парсонса сравнительно большую величину 2,0%, объясняя ее сильнымъ увеличеніемъ сопротивленій барабана въ влажномъ парѣ, содержащемъ капельки воды. Наконецъ, Стодоля даетъ величину 1,0%¹⁴⁵⁾.

Давленіе въ холодильникъ p_0 . По даннымъ Браунъ, Бовери и К⁰¹⁴⁰⁾, если считать за нормальное давленіе $p=0,1$ кгр./см.² абс., уменьшеніе его на 0,01 атм. даетъ уменьшеніе D на 2,0÷3,0%, тогда какъ увеличеніе p_0 на 0,01 атм. даетъ увеличеніе D на 1,5%. По даннымъ Моейра^{141), 143)} соотв. поправки при давленіи $p_0=0,08$ составляютъ—1,0% и +1,0%; по его же даннымъ¹⁴³⁾ для различныхъ турбинъ Парсонса эта величина колеблется отъ 1,0÷1,45÷1,74%; по даннымъ Юссе¹⁴⁹⁾ для турбинъ Парсонса соотв. величина всего 0,65%; при этомъ согласно сообщенія самого Парсонса**), вліяніе разрѣженія различно для турбинъ различной мощности: для турбины въ 100 клв. на 1% разрѣженія 0,9% расхода пара, для 500 клв.—1,2% и для 1500 клв.—1,6%; для одной турбины Кертиса въ 9000 клв. эта величина составила 2,0%¹⁴⁴⁾; для другой такой же турбины 2,4%¹⁴³⁾; для турбинъ Лавалиа около 1,2÷1,5%¹⁵⁰⁾; по даннымъ Геркенъ¹⁵¹⁾ для турбинъ Цѣлли соотв. величины при $p_0=0,05$ составляютъ—при уменьшеніи p_0 на 0,01 около—2,0%, а при увеличеніи—около +1,0%. Въ Hütte¹⁴⁸⁾ даются среднія величины для $p_0=0,20÷0,03$ измѣненія D на 1,0÷3,0%; для турбинъ, работающих мятымъ паромъ, при случаѣ еще болѣе, т. е. примѣрно до 4,0%. Однако тамъ же прибавляется, что пониженіе расхода D при пониженіи p_0 происходитъ лишь до тѣхъ поръ, пока скорость выпуска пара не достигаетъ скорости звука, т. е., около 405 м./сек.. Это мнѣніе опровергается испытаніями Лезеля¹⁵²⁾, который нашелъ, что несмотря на то, что ско-

¹⁴⁷⁾ Z. Turb. 1911, S. 287.

¹⁴⁸⁾ Hütte, 21. Aufl. 1911, II, S. 222.

**) Z. V. d. I. 1907, S. 346.

¹⁴⁹⁾ J o s s e, Neuere Kraftmaschinen. Berlin, 1905, S. 78.

¹⁵⁰⁾ M o y e r, Steam. turb., p. 151.

¹⁵¹⁾ Techn. u. Wirtsch. 1912, S. 531.

¹⁵²⁾ Z. V. d. I. 1912, S. 997.

рость выпуска у него значительно превосходила 405 м./сек., при $p_0=0,04\div 0,10$ уменьшение D составляло около 1,6%. Стодоля¹⁴⁵⁾ даетъ для перегрѣтаго пара при $t=300^\circ$ для $p_0=0,10$ уменьшение D на 1,5%, для $p_0=0,04$ уже 2,4% и, наконецъ, для $p_0=0,02$ даже 5,2%.

Въ заключеніе слѣдуетъ еще упомянуть, что нѣкоторые заводы гарантируютъ опредѣленный расходъ пара не при опредѣленномъ давленіи p_0 въ холодильникѣ, а при опредѣленной температурѣ t_w° охлаждающей воды при вступленіи ея въ поверхностный холодильникъ, предполагая, разумѣется, достаточную подачу ея. Укажемъ два примѣра: при поставкѣ турбогенератора Эрликонъ въ 3200 кв. заводъ гарантировалъ расходъ пара D_k на 1 кв. ч., считая въ томъ числѣ и расходъ работы на охлажденіе, согласно таблицы 14¹⁵³⁾.

Таблица 14.

температура воды t_w °Ц.	30	35	40	45
расходъ пара D_k кгр./кв.ч.	9,6	10,45	11,3	12,0
развиваемая наибольшая нагрузка N_k кв.	3000	2750	2550	2400
полный расходъ пара кгр./ч.	28800	28730	28820	28800

Исходя изъ средней $t_w=35^\circ$, можно сказать, что измѣненіе t_w на 5° , соотвѣтствующее измѣненію p_0 на $0,01\div 0,02$ атм., даетъ для данной турбины измѣненіе D на $6,7\div 8,1\%$.

Далѣе интересно обратить вниманіе на послѣднюю (вычисленную нами) строку таблицы 14, которая подтверждаетъ общій законъ, установленный Стодоля¹⁵⁴⁾, что расходъ пара при постоянномъ начальномъ состояніи его, постоянномъ числѣ оборотовъ турбины и при наибольшей нагрузкѣ не зависитъ отъ колебанія разрѣженія. Этотъ же законъ подтверждаютъ также испытанія Лезеля¹⁵⁵⁾. Пользуясь этимъ закономъ, мы получаемъ слѣдующій простой способъ опредѣленія расхода D при переменномъ p_0 или, что то же самое, t_w : измѣривъ возможно тщательно полный расходъ пара G кгр./ч. при наибольшей нагрузкѣ и какомъ-нибудь p_0 , а лучше для контроля при 2 разныхъ p_0 и взявъ тогда среднюю величину G , измѣряютъ величины наибольшей нагрузки $N_1, N_2, \dots$ при томъ же начальномъ состояніи пара и числѣ оборотовъ n , но другихъ $p_{01}, p_{02}, \dots$; искомый расходъ D на 1 кв. или 1 л. с. получится дѣленіемъ постоянной величины G на соотв. наибольшую мощность.

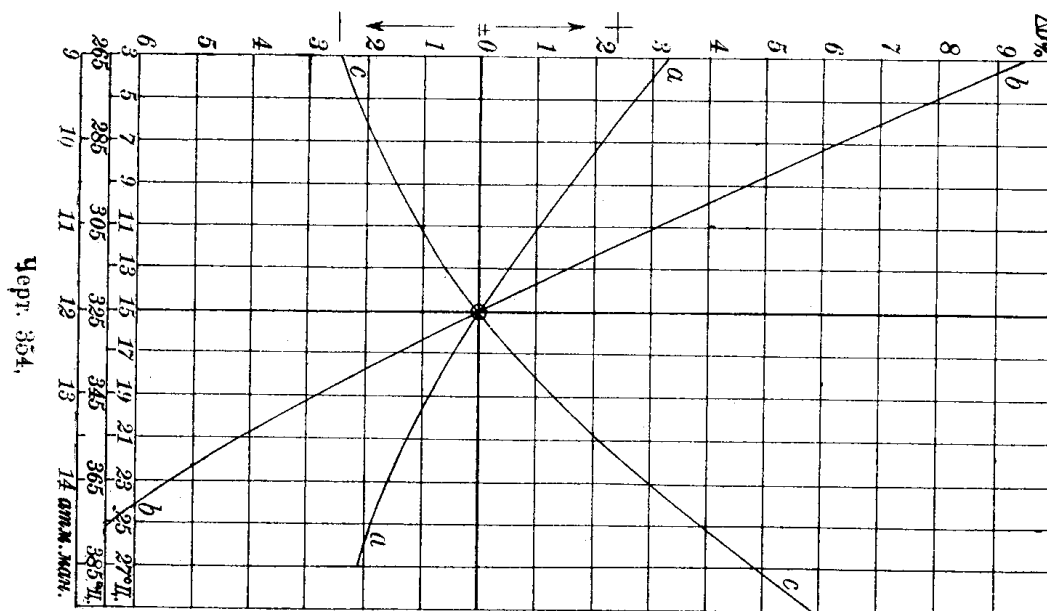
Второй примѣръ учета вліянія температуры охлаждающей воды даетъ докладъ Геркена¹⁵¹⁾, главнаго инженера Аугсбургско-Нюрнбергскаго завода, строящаго турбины Целли. По даннымъ этого завода, считающаго за нормальную величину $t_w=15^\circ\text{Ц.}$, пониженіе t_w на 5° даетъ

¹⁵³⁾ Z. Turb. 1909, S. 175.

¹⁵⁴⁾ Stodola, Dampfturb., S. 215.

уменьшение D примерно на 1,3%, а увеличение на 5°—увеличение D въ 1,7÷1,9%.

Кстати приведемъ здѣсь очень наглядный и удобный графическій способъ учета вліянія всѣхъ перечисленныхъ выше величинъ на расходъ пара D , примененный Геркеномъ: выбравъ нормальное начальное и конечное состояніе пара, у Геркена $p=12$ атм. изб., $t=325^\circ$ и $t_v=15^\circ$, строятъ кривыя измѣненія D въ %, откладывая по оси ординатъ $\Delta D\%$, а по осямъ абсциссъ соотв. величины p , t и t_v , черт. 354; всѣ 3 кривыя проходятъ черезъ одну общую точку, когда $\Delta D=0$: выше оси абсциссъ,



проходящей черезъ эту точку, величины ΔD положительны, т. е., расходъ возрастаетъ, ниже—отрицательны, расходъ уменьшается; кривая a, a даетъ величины ΔD при измѣненіи давленія пара p отъ 9 до 15 атм. изб., кривая b, b —при измѣненіи t пара отъ 265 до 375°C., кривая c, c —при измѣненіи t_v охлаждающей воды отъ 3 до 29°C. При помощи диаграммы по черт. 354 находятъ поправки ΔD на отклоненіе p , t и t_v во время испытанія данной турбины отъ нормальныхъ величинъ слѣдующимъ образомъ; напр., для p : проводятъ черезъ точку на масштабѣ p , соотвѣтствующую бывшему при испытаніи давленію p , прямую параллельно оси ординатъ до пересѣченія съ кривой a, a , а изъ этой точки пересѣченія проводятъ прямую, параллельную оси абсциссъ, до пересѣченія съ осью ординатъ, на которой она отсѣчетъ прямо величину искомой поправки ΔD ; такимъ же образомъ находятся поправки и для вліянія t и t_v . Разумѣется, для каждой турбины или по крайней мѣрѣ для каждого типа турбинъ кривыя p , t и t_v , или p , t и p_v должны быть построены на основаніи соотв. опытнаго матеріала.

Затѣмъ приведемъ таблицу 15, въ которой собраны какъ указанные выше величины измѣненія ΔD въ %, такъ и другія, взятая изъ тѣхъ

же источниковъ, и которая, съ одной стороны, даетъ предѣлы, между которыми они колеблются, съ другой же, показываетъ наглядно необходимость опытнаго нахожденія соотв. поправокъ для каждой турбины въ зависимости отъ ея мощности и дѣйствительныхъ условій работы.

Таблица 15.

система турбинъ	Лавала	Браунъ-Бовери-Парсонсъ	Вестинг. Парсонсъ	Кертисъ	Браунъ-Кертисъ	Рато-Эр-ликонъ	Цѣли	всѣхъ системъ	
								Стодоля	Hütte
измѣненіе									
p на 1 атм.	—	1,0 : 2,0	1,4	1,4 : 3,0	—	—	2,1	1,0 : 1,7	—
t „ 10 °Ц.	1,1 : 1,4	1,3 : 2,0	1,2 : 1,3	1,4 : 1,8	1,0 : 1,8	1,0 : 2,4	1,5	1,3	1,4 : 2,0
x „ 0,01 x .	—	—	2,0	—	0,6	—	—	1,0	—
p_0 „ 0,01 атм.	0,8 : 1,4	+1,5; -2,0 : 3,0; (0,65)	1,0 : 1,7	+1,0; -2,0	—	1,6 : 2,0	+1,0; -2,0	1,5; 2,4; 5,2	1,0 : 3,9
t_v „ 5 °Ц.	—	—	—	—	—	3,4 : 8,1	1,3 : 1,9	—	—

Опытнымъ путемъ поправки ΔD находятъ слѣдующимъ образомъ: для установленія вліянія одной изъ трехъ величинъ, p , t , соотв. x , и p_0 , соотв. t_v , ставятъ 2÷3 опыта, измѣняя въ возможно широкихъ предѣлахъ величину, вліяніе которой изслѣдуютъ, и, сохраняя возможно одинаковыми остальные двѣ величины и нагрузку, или еще лучше, полный расходъ пара G кгр./ч. По найденнымъ такимъ образомъ расходамъ D кгр./л. с. ч. строятъ кривую D въ зависимости отъ той величины, которую измѣняли. Кривая эта, въ крайнемъ случаѣ при помощи соотв. экстерполированія, графическаго или аналитическаго, даетъ искомую поправку ΔD . Затѣмъ такимъ же образомъ находятъ величины поправокъ и отъ остальныхъ двухъ величинъ.

Нормальныя условія, т. е., тѣ p , t или x и p_0 , къ которымъ слѣдуетъ приводить величины D , полученные при иныхъ условіяхъ, вещь совершенно условная и произвольная. Такъ, раньше считали нормальнымъ для p 10 атм. изб., для t всего 250° и для p_0 90% (0,10 атм.), Съ успѣхами техники предѣлы раздвинулись: не такъ давно считалось для p нормальнымъ 12 атм. абс., для t уже 300° и для p_0 0,052 атм. абс., или 95% разрѣженія.

Въ самое послѣднее время предѣлы еще раздвинуты; такъ, Аугсбургско-Нюренбергскій заводъ считаетъ нормальными: $p=12$ атм. изб., $t=325^\circ$ и вмѣсто p_0 даетъ $t_v=15^\circ$, что, считая разность температуръ между водой и паромъ 10° при холодильникѣ съ противотокомъ, даетъ $p_0=0,032$ атм. абс., или 97% разрѣженія.

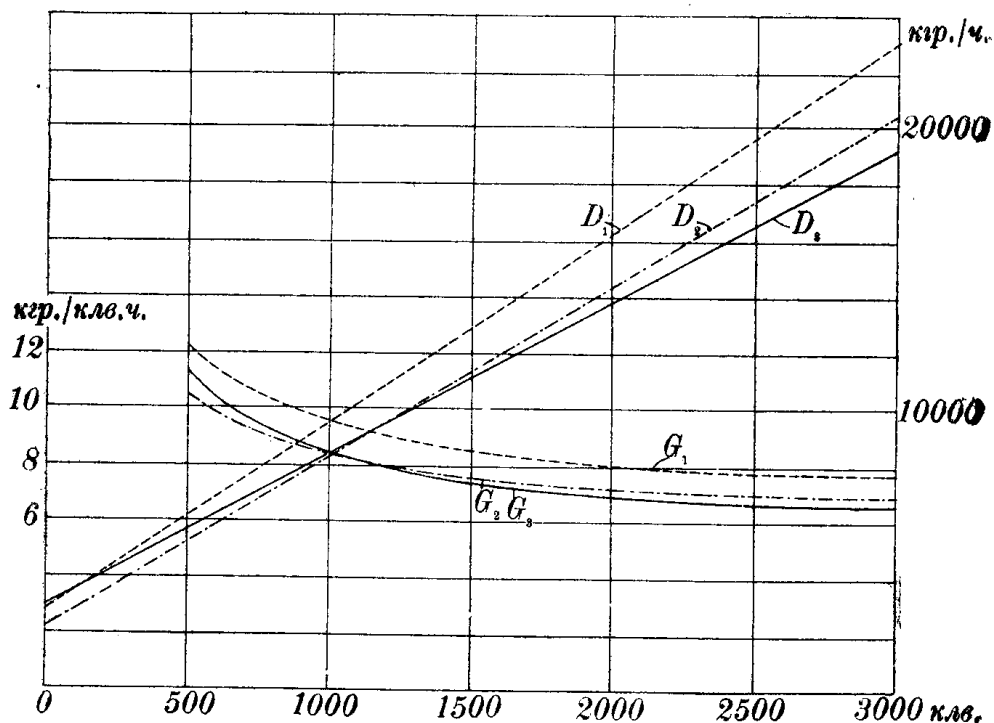
Очень возможно, что со временемъ будутъ стремиться къ дальнѣйшему увеличенію p и t и уменьшенію p_0 . Влажность пара x уже считается совсѣмъ недопустимой, и съ ней лишь очень рѣдко приходится имѣть дѣло.

Такимъ образомъ, указать опредѣленно нормальныя величины p , t и p_0 нельзя, да и не такъ важно. Можно пользоваться наиболѣе распространенными въ данное время и, указывая приведенный расходъ $D'=D+\Sigma\Delta D$, сообщить, какіе коэффиціенты положены въ основу приведенія къ нормальному состоянію.

Наконецъ, можно еще указать, что если хотятъ сравнить только между собой двѣ турбины, работавшія въ разныхъ условіяхъ, или расходъ одной и той же турбины, но при разныхъ нагрузкахъ, то въ виду недостаточной опредѣленности величинъ коэффициентовъ приведенія и неполнаго слѣдованія величинъ D закону наклонной прямой, лучше приводить сравнительные расходы D не къ какимъ-нибудь нормальнымъ величинамъ p , t и p_0 , а къ среднимъ арифметическимъ изъ бывшихъ во время соотв. испытаній; тогда абсолютныя величины поправокъ ΔD получатся сравнительно небольшими, и относительная неточность ихъ опредѣленія значительно уменьшится.

Вліяніе нагрузки. На расходъ пара D вліяетъ замѣтно еще величина нагрузки. Въ виду того, что турбинѣ приходится часто работать не съ полной нагрузкой, весьма важно, чтобы съ уменьшеніемъ нагрузки величина D возрастала не слишкомъ быстро.

Такимъ образомъ опредѣленіе D при различныхъ нагрузкахъ, чаще всего, кромѣ $\frac{1}{1}$, еще при $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$ отъ полной, входятъ въ каждое испытаніе, приѣмочное и заводское. Для наглядности результаты полезно изображать графически, взявъ за ось абсциссъ величины нагрузки, а по оси ординатъ откладывая соотв. величину D .



Черт. 355.

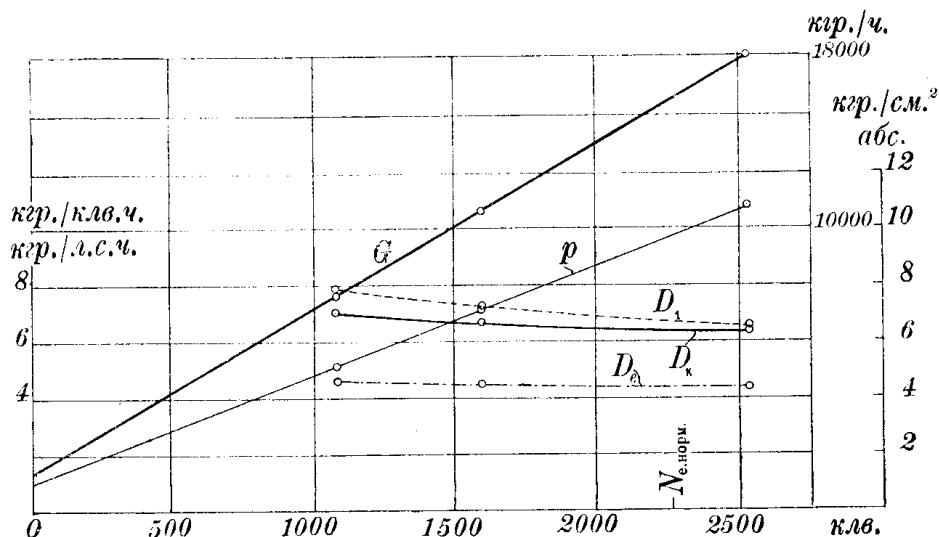
На черт. 355 данъ образецъ этихъ кривыхъ D для разныхъ нагрузокъ и при 3 разныхъ начальныхъ состояніяхъ пара: D_1 при $p=10$ атм., $t=230^\circ\text{Ц.}$, D_2 при $p=10$ атм., $t=300^\circ\text{Ц.}$, D_3 при $p=14$ атм., $t=300^\circ\text{Ц.}$ Кривыя эти взяты изъ отчета Зингера объ испытаніи турбогенератора

Браунъ-Бовери-Парсонса въ 3200 квл., установленнаго въ Франкфуртѣ на М. въ 1905 г. ¹⁵⁵). Кромѣ кривыхъ D , на черт. 355 указаны соотв. кривыя G_1 , G_2 и G_3 полного расхода пара въ кгр./ч. при тѣхъ же 3 комбинаціяхъ p и t . Какъ видно, кривыя—наклонныя прямыя, уравненіе ординатъ которыхъ

$$y = ax + b, \quad (107)$$

гдѣ b расходъ пара при холостомъ ходѣ, безъ нагрузки, но съ расходомъ энергіи на возбужденіе, x величина нагрузки въ доляхъ полной нагрузки, а a опытная постоянная.

На черт. 356 представлены результаты испытанія турбины Цѣлли въ 2300 квл. ¹⁵⁶), работавшей при $p=12$ атм. изб., $t=320^\circ\text{Ц.}$, и разрѣ-



Черт. 356.

женіи въ 93%. Кривая D_1 представляет расходъ пара въ кгр./квл. ч., гарантированный заводомъ, D_k —дѣйствительно найденный; D_n расходъ въ кгр./л. с. ч.. Кромѣ этихъ кривыхъ, на черт. 356 вчерчена также кривая p —давленія свѣжаго пара передъ первымъ направляющимъ приборомъ при измѣненіи нагрузки.

Указанная ур-емъ (107) простая зависимость между нагрузкой и часовымъ расходомъ пара G позволяетъ по найденнымъ при испытаніи тремъ величинамъ расхода получать съ достаточной точностью расходъ пара для любой нагрузки отъ 0 до $1/1$, построивъ указанную прямую, а также обнаруживаетъ легко ошибки при испытаніи, если новая ордината при послѣдующемъ испытаніи получится замѣтно далеко отъ проведенной прямой.

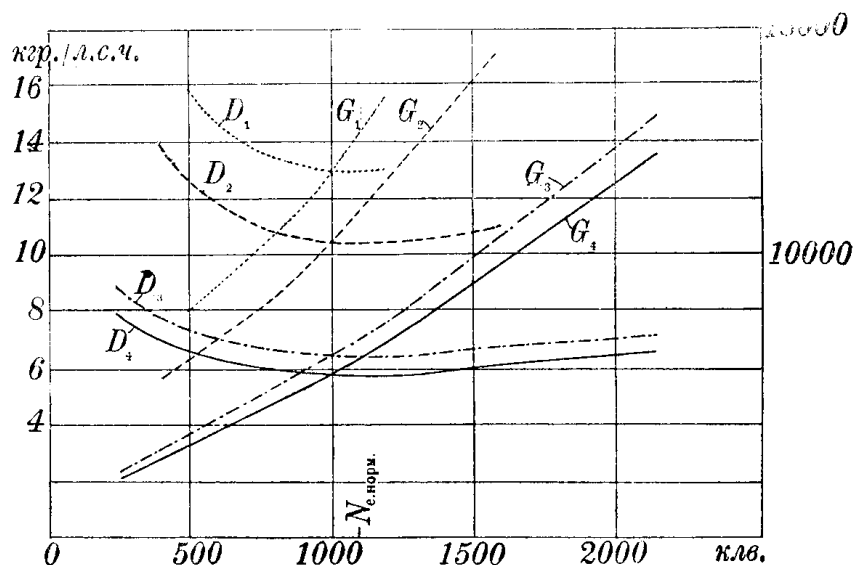
Разумѣется, если увеличивать нагрузку свыше $1/1$, т. е., перегружать турбину, то расходъ пара станетъ возрастать быстрее, въ виду

¹⁵⁵) Brown, Boveri & Cie, Dampfturb., S. 61; Turb., 2, 1905/6, S. 158; Lehmann-Richter, Prüfungen in elektr. Zentralen. Braunschweig, 1906. II, S. 210.

¹⁵⁶) Z. V. d. I. 1910, S. 330.

несоответствіи проходных сѣченій въ турбинѣ увеличенному количеству пара; линія G перейдетъ въ кривую, загибающуюся кверху, а кривая D , понижающаяся по мѣрѣ увеличенія нагрузки до $1\frac{1}{3}$, начнетъ затѣмъ повышаться, образуя минимумъ при нагрузкѣ $1\frac{1}{3}$.

Впрочемъ, такого рода перегрузка въ европейской практикѣ имѣетъ мѣсто лишь у судовыхъ турбинъ; турбогенераторы же никогда съ перегрузкой свыше 10—20% не работаютъ и не могутъ работать. Другое дѣло въ Америкѣ; тамъ каждый турбогенераторъ строится такъ, что можетъ работать длительно съ перегрузкой до 50%, иногда даже до 100%. Типичнымъ примѣромъ могутъ служить діаграммы черт. 357; это результаты испытанія турбины Вестингаузъ-Парсонса въ 1000 квл. при 4 различныхъ условіяхъ¹⁵⁷⁾: кривыя G_1 и D_1 получены при $p=10,56$ кгр./см.² абс., $t=\vartheta=181,5^\circ\text{Ц.}$, паръ насыщенный, $p_0=1$ атм.;



Черт. 357.

кривыя G_2 и D_2 при тѣхъ же p и p_0 , но съ перегрѣтымъ паромъ, $t=237,1^\circ$; кривыя G_3 и D_3 при $p=10,56$, $t=\vartheta=181,5^\circ$, но съ холодильникомъ, $p_0=0,065$ кгр./см.² абс., соотв. 93,5% разрѣженія; наконецъ, кривыя G_4 и D_4 при послѣднихъ p и p_0 , но съ перегрѣвомъ, $t=237,1^\circ$.

На кривыхъ G видны переломы при началѣ перегрузки, а кривыя D , кстати сказать, расходъ пара указанъ въ кгр./л. с. ч., а не кгр./квл. ч., обнаруживаютъ ясно выраженный минимумъ. Наконецъ, при работѣ съ холодильникомъ кривыя D при нагрузкѣ около $1\frac{1}{3}$ переходятъ изъ выпуклыхъ къ оси абсциссъ въ вогнутыя; объясняется это благотворнымъ вліяніемъ автоматическихъ перегрузочныхъ клапановъ, начинающихъ впускать паръ въ среднюю ступень при чрезмѣрномъ увеличеніи перегрузки. Хотя турбогенераторъ въ 1000 квл., но почему-то въ указанномъ отчетѣ въ качествѣ полной нагрузки $1\frac{1}{3}$ указано 1050 квл.. Черт. 357 показываетъ, что турбогенераторъ въ состояніи работать съ

¹⁵⁷⁾ Moyer, Steam turb., p. 171.

нагрузкой въ 2150 квл., т. е., перегрузкой въ $(2150-1050):1050=105\%$ (!). Въ Европѣ такой машины не встрѣтить.

Учетъ вліянія нагрузки. Если при какомъ-нибудь испытаніи найденъ расходъ пара G для какихъ-нибудь 2 или 3 нагрузокъ, величины которыхъ однако не соотвѣтствуютъ тѣмъ, для которыхъ указаны гарантійныя величины D , то найти D при другихъ нагрузкахъ можно очень просто слѣдующимъ образомъ: построивъ по указанному выше кривую G , какъ на черт. 355÷357, находятъ для нѣсколькихъ точекъ величины $D=y/x$, гдѣ y ординаты, выражающія расходъ G , а x абсциссы, выражающія величину нагрузки въ л. с. или квл.; соединяя найденныя точки плавной кривой, получаемъ кривую D , ординаты которой въ точкѣ, выражающей требуемую нагрузку, даютъ соотв. расходъ пара въ кгр./ч. на единицу мощности.

Расходъ пара при холостомъ ходѣ можно найти, продолживъ прямую G до пересѣченія съ осью ординатъ. Длина ординаты при нагрузкѣ, равной 0, и есть искомый расходъ.

Величина расхода D . Мы не станемъ утомлять читателя перечисленіемъ расхода пара, достигнутого турбинами различныхъ системъ, различной мощности и при различныхъ условіяхъ работы. Равнымъ образомъ мы не рѣшаемся составить соотв. таблицу, особенно въ виду затруднительности перечислить всѣ расходы къ одинаковымъ условіямъ работы; такая таблица получилась бы въ настоящее время слишкомъ громоздкой, мало наглядной, да и не очень интересной, такъ какъ теперь можно высказать съ достаточной точностью слѣдующее положеніе: расходъ пара современныхъ турбинъ при одинаковой мощности и одинаковыхъ p , t и p_0 примѣрно одинаковъ у всѣхъ системъ, имѣя въ виду, конечно, издѣлія первоклассныхъ заводовъ. Поэтому мы ограничимся лишь слѣдующей исторической справкой: лавалевскія турбины малой мощности расходовали въ свое время до 30 кгр./квл. ч.; въ настоящее время эти турбины при мощности около 200 квл. расходуютъ около 10 кгр./квл. ч. насыщеннаго и всего 8,7 перегрѣтаго пара, а многодисковая турбина Лавала въ 1500 квл. даетъ расходъ только 7,0 кгр./квл. ч.. Турбогенераторы Парсонса, дававшіе расходъ въ 9,0 даютъ теперь около 7,0, а при перегрѣвѣ всего 5,9 и даже 5,7 кгр./квл. ч.. Турбины Кертиса, расходовавшія до 10÷11 кгр./квл. ч., въ настоящее время, правда, при мощности въ 7000÷9000 квл., расходуютъ около 5,9 кгр. перегрѣтаго пара. Нѣсколько отстала турбина Рато, которая понизила расходъ съ 9,6 до 7,5 кгр./квл. ч.. Наконецъ, турбины Цѣлли, всего 3 года тому назадъ дававшія расходъ около 8,2 и въ лучшемъ случаѣ 7,4 кгр./квл. ч., теперь достигли расхода въ 5,9 кгр./квл. ч., и это при мощности всего около 1500÷2000 квл.. Расходъ въ 5,9 кгр./квл. ч. соотвѣтствуетъ расходу 3,99 кгр./д. л. с. ч. на валу турбины или всего 3,7÷3,8 кгр./инд. л. с. для поршневой машины. Той же цифры, 5,9 кгр./квл. ч., достигла теперь турбина Мельмсъ и Пфеннингера при мощности 3000

л. с., дававшая въ первыхъ конструкціяхъ расходъ до 7,8 кгр./кв. ч., правда, при мощности около 900 д. л. с..

49. Полученіе общихъ выводовъ.—Когда производится подробное испытаніе турбины, то для характеристики достоинства данной турбины вычисляется ея отдача η .

Вычисленіе отдачи. Изъ многочисленныхъ отдачъ η , съ которыми приходится имѣть дѣло при расчетѣ турбинъ, при испытаніи турбинъ представляютъ интересъ главнымъ образомъ двѣ: такъ назыв., т е р м о д и н а м и ч е с к а я отдача ¹⁵⁸⁾, отнесенная къ дѣйствительной работѣ,

$$\eta_e = N_e / N_o = D_o / D_e, \quad (108)$$

гдѣ N_e работа въ д. л. с. данной турбины, а N_o турбины идеальной безъ потерь, работающей между тѣми же p , t и p_o , и расходующей то же количество пара G кгр./ч., а D_e и D_o соотв. расходъ пара въ кгр./л. с. ч.; вторая отдача—п о л н а я ¹⁵⁸⁾

$$\eta_o = AL_e / Q, \quad (109)$$

гдѣ AL_e работа въ т. ед. 1 кгр. пара, совершенная въ турбинѣ, а Q расходъ тепла на полученіе пара, состояніе котораго опредѣляется p и t .

Для уравненія (108) величину D_e находятъ при испытаніи, по указанному выше, а величину D_o по выраженію

$$D_o = 632,3 : (i - i'_k), \quad (110)$$

гдѣ i полное теплосодержаніе пара, опредѣляемое давленіемъ p и температурой t передъ турбиной, а i'_k теплосодержаніе этого же пара при давленіи выпуска p_o послѣ вполне адиабатическаго расширенія безъ всякихъ сопротивленій; величины i и i'_k или прямо ихъ разность проще всего находятъ по извѣстной діаграммѣ $J-S$ Молліэ.

Для ур-ія (109) величину AL_e можно найти тоже по D_e , именно,

$$AL_e = 632,3 / D_e, \quad (111)$$

а соотв. расходъ тепла Q равенъ полному теплосодержанію 1 кгр. пара при p и t , т. е. i , безъ теплосодержанія 1 кгр. питательной воды, практически равнаго ея температурѣ t_b , т. е.

$$Q = i - t_b. \quad (112)$$

Нужно замѣтить, что въ настоящее время, по крайней мѣрѣ въ Европѣ, почти никогда не вычисляютъ полной отдачи η_o , а судятъ объ экономичности турбины по расходу пара D_e или D_k . Такимъ образомъ, если въ отчетѣ объ испытаніи говорится объ отдачѣ, не говоря какой, то это имѣется въ виду термодинамическая отдача, которая колеблется въ современныхъ турбинахъ отъ $\eta_e = 0,13$ до 0,18 и даже до 0,20.

Наряду съ приведеннымъ способомъ вычисленія термодинамической отдачи, указываемымъ Стодолой ¹⁵⁸⁾, можно встрѣтить еще способъ, въ которомъ величина D_e находится тоже по діаграммѣ $J-S$ аналогично D_o ¹⁵⁹⁾, именно,

$$D_e' = 632,3 : (i - i_k), \quad (113)$$

¹⁵⁸⁾ Stodola, Dampfturb., S. 113.

¹⁵⁹⁾ Z. V. d. I. 1908, S. 1346.

гдѣ i_k теплосодержаніе, опредѣляемое по дѣйствительному состоянію пара при выходѣ, т. е., по p_0 , t_0 или x_0 . Очевидно, разница этого способа отъ перваго состоитъ въ томъ, что въ него не входятъ чисто механическія потери, на треніе въ подшипникахъ, расходъ энергіи на регулированіе и на масляный насосъ въ соотв. случаяхъ, а также потери отъ утечки пара изъ лабиринтовыхъ уплотненій и разгрузочныхъ поршней. Впрочемъ, величина D_e' по ур-ю (113) лишь немногимъ менѣе величины D_e , находимой непосредственнымъ испытаніемъ, и только необходимо, если η_e найдено по D_e' изъ ур-я (113), ясно указывать это въ отчетѣ объ испытаніи.

Впрочемъ, ур-іемъ (113) приходится пользоваться и для другой цѣли. Именно, оно позволяетъ опредѣлять величину, характеризующую конечное состояніе пара при извѣстномъ давленіи выпуска p_0 кгр./см.² абс., т. е., температуру t_0 , если паръ еще перегрѣтъ, или паросодержаніе x_0 , если онъ влажный.

Въ самомъ дѣлѣ, если D_e измѣрено, и i опредѣлено по давленію p и температурѣ t , то изъ ур-я (113) находимъ

$$i_k = i - 632,3/D_e; \quad (114)$$

вычисливъ такимъ образомъ величину i_k , находимъ соотв. t_0 или x_0 по діаграммѣ $J-S$ въ пересѣченіи линіи p_0 съ линіей, параллельной оси абсциссъ и отстоящей отъ нея на величину i_k .

Въ заключеніи надо еще упомянуть, что при подробномъ испытаніи, кромѣ отдачи η_e всей турбины, вычисляютъ отдачи отдѣльныхъ ступеней по промежуточнымъ давленіямъ p и температурамъ t . Въ этихъ случаяхъ уже поневолѣ приходится пользоваться величиной D_e' или проще вычислять η_e по совокупности ур-й (108), (110) и (113) по выраженію

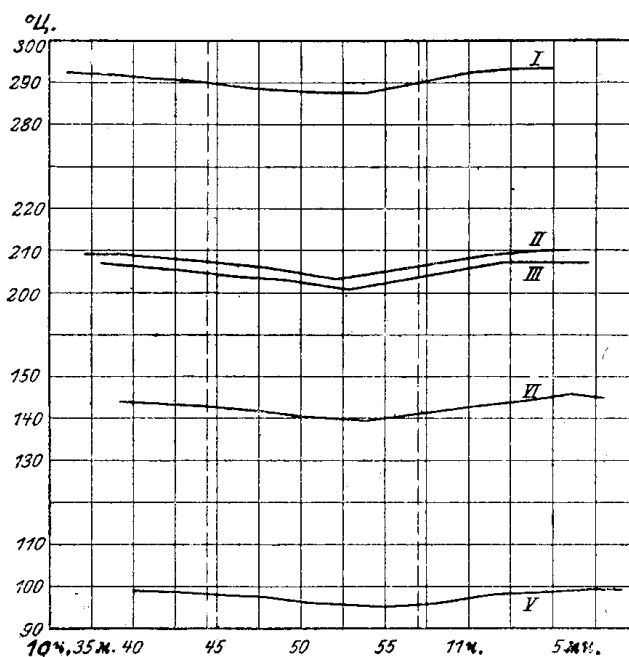
$$\eta_e = \frac{i - i_2}{i - i_2'}. \quad (115)$$

Однако, нужно замѣтить, что ур-е (115) даетъ правильные результаты лишь при предположеніи, что тепло никуда наружу не отводится и не получается. Если тепло отводится, то величина η_e оказывается преувеличенной, если оно сообщается, то преуменьшенной. Первый случай часто имѣетъ мѣсто у послѣдней ступени многоступенчатыхъ турбинъ, а послѣдній у первой ступени, если, какъ это часто дѣлается, корпусъ турбины въ этомъ мѣстѣ покрытъ изолирующимъ слоемъ. Конечно, найдя по указанному выше потери тепла на лучеиспусканіе отдѣльными ступенями турбины, можно вычислить соотв. поправки къ температурамъ t и найти этимъ болѣе правильныя величины i . Однако разница обыкновенно невелика, и поправку стоитъ вводить развѣ лишь при самыхъ тщательныхъ научныхъ изслѣдованіяхъ.

Второй источникъ ошибки при вычисленіи η_e для отдѣльныхъ ступеней можетъ лежать въ недостаточномъ соблюденіи условія вполне установившагося состоянія: если температура пара колеблется, напр.,

возрастает, то часть тепла идет на нагревание металлических масс турбины, и величина η_e оказывается преувеличенной; в период обратного колебания, понижения температуры пара, η_e получается преуменьшенной. Происходящая от этого ошибка может при малых нагрузках, т. е., малом общем расходе пара, достигнуть очень значительной величины. Так как очень трудно, особенно при заводских испытаниях, поддерживать температуру пара строго постоянной, то для уменьшения указанной ошибки полезно пользоваться следующим приемом, указанным Маргерром¹⁵⁹⁾: по отчетам температуры пара перед турбиной, между отдельными ступенями и при выпуске строить ход температуры в функции времени в указанных местах; затем берут на кривой температур перед впуском в турбину 2 точки, когда температура одинакова, но в одной точке она падает, а в другой возрастает. В качестве температур в остальных местах турбины для определения точек на диаграмме $J-S$ берут средние арифметические из соотв. температур в те же 2 момента. Вычислив таким образом величины η_e для нескольких пар температур для всей турбины, находят средние величины η_e за весь опыт. Если вычисляют η_e для отдельной ступени, то пары равных температур надо брать на кривой температур перед соотв. ступенью.

На черт. 358 дан образец соотв. кривых для одного из опытов Маргерра; кривые относятся к 5 точкам в турбине—I перед соп-



Черт. 358.

лами активного колеса, II за ним, III перед первой реактивной ступенью, IV в середине ее и V перед последней ступенью; кривой температур при выпуске не дано, так что по черт. 358 нельзя вычислить

¹⁵⁹⁾ Z. V. d. I. 1908, S. 1346.

η_e ни для всей турбины, ни для послѣдней ступени, или развѣ только, если считать температуры постоянными, $t_0 = \vartheta_0$, и найти ихъ по соотв. p_0 и въ связи съ ур-иемъ (114). На черт. 358 показано пользованіе парой температуръ $t = 290^\circ$ для вычисленія η_e для первой ступени.

Графическое изображеніе результатовъ. Кромѣ сводки результатовъ испытаній въ таблицу, образецъ которой данъ ниже, стр. 298 и 299, очень полезно графическое изображеніе результатовъ діаграммами.

Съ однимъ изъ видовъ діаграммъ—пламенныхъ кривыхъ измѣненій одной величины въ функцію отъ другой, напр., расхода пара D отъ нагрузки, или момента сопротивленій отъ числа оборотовъ или плотности пара, мы уже познакомились выше. Достаточно напомнить чертежи 337, 339, 340, 355÷358. Изъ нихъ на нѣкоторыхъ удобно совмѣщать 2 и даже болѣе кривыхъ съ различными ординатами, напр. черт. 339, 355÷357; другой образецъ совмѣщенія нѣсколькихъ кривыхъ мы видѣли на черт. 354.

Вторымъ видомъ діаграммъ можно считать изображеніе дѣйствительнаго рабочаго процесса пара согласно испытанію въ тепловой діаграммѣ въ координатахъ $I—S$; проще всего такая діаграмма получается нанесеніемъ соотв. точекъ на кальку, подъ которую подложена печатная діаграмма Молліэ. Нанесеніе отдѣльныхъ точекъ производится въ общемъ такъ же, какъ и при вычерчиваніи теоретическаго рабочаго процесса, о чемъ достаточно сказано въ различныхъ руководствахъ, напр. Стодоля¹⁶⁰⁾, Эйермана¹⁶¹⁾ или въ соотв. статьяхъ¹⁶²⁾.

Изрѣдка прибѣгаютъ къ изображенію рабочаго процесса въ координатахъ $T—S$, напр., черт. 338, но въ нихъ онъ получается гораздо менѣе нагляднымъ, и обращеніе съ этой энтропійной діаграммой значительно менѣе удобно.

Наконецъ, третьимъ видомъ діаграммъ можно считать, такъ назыв., діаграмму С а н к е я. Этотъ, очень распространенный въ Америкѣ, способъ приданія наглядности какому-нибудь сложному явленію можетъ быть отнесенъ къ діаграммамъ съ однимъ измѣреніемъ, или линейнымъ; второму измѣренію иногда придаютъ извѣстное значеніе, но чисто условное, не масштабное.

При помощи діаграммы Санкея очень удобно изображается рабочій процессъ турбины съ точки зрѣнія распредѣленія тепла или расхода пара.

На черт. 359, стр. 296, представленъ образецъ діаграммы Санкея, изображающей тепловой балансъ турбогенератора В. К. Э. въ 1000 кв. въ связи съ работой парового котла.

Другой образецъ діаграммы Санкея данъ на черт. 360. На ней представлено распредѣленіе въ % количества пара при работѣ въ упо-

¹⁶⁰⁾ Stodola, Dampfturb., S. 146.

¹⁶¹⁾ Эйерманъ, Паровыя турбины. СПб. 1907, стр. 57.

¹⁶²⁾ См. напр. Бюлет. Полит. О-ва, Москва, 1907, стр. 233 и сл.; или Z. V. d. I. 1911, S. 1847.

дѣленіе тепла, превращаемаго въ работу въ отдѣльныхъ ступеняхъ турбины, и идущаго на разныя потери.

Сводка результатовъ. Въ заключеніе приведемъ образецъ сводки результатовъ серіи испытаній турбины, взятый изъ образцоваго отчета Стодоля объ испытаніи турбины Зульцера въ 2000 квл.¹⁶⁴), таблица 16, стр. 298 и 299. Одновременно таблица 16 можетъ служить примѣромъ изъ практики отчета объ испытаніяхъ и послѣднимъ журналомъ изъ серіи, приведенной выше въ таблицахъ 6—13.

Добавленія.

Во время печатанія настоящей работы авторъ получилъ нѣсколько новыхъ данныхъ отъ заводовъ и фирмъ, а также замѣтилъ нѣсколько пробѣловъ при пользованіи литературными источниками; наконецъ, за время печатанія работы появились статьи; затрагивающія тѣ же вопросы. Заботясь о полнотѣ сообщаемыхъ свѣдѣній, авторъ рѣшилъ принять во вниманіе и весь новый матеріаль. Такъ какъ соотв. страницы были уже напечатаны, то пришлось прибѣгнуть къ дополнительнымъ вставкамъ, впереди которыхъ указанъ §, страница и курсивомъ строка, послѣ которой находится мѣсто вставки.

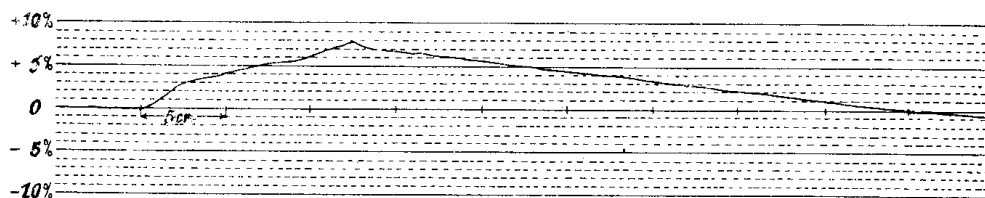
3, стр. 17, 1 снизу. *Тахометръ, основанный на треніи воздуха.* Заводъ Пербоомъ и Шюрманъ сталъ въ послѣднее время для машинъ съ большимъ числомъ оборотовъ, въ частности для паровыхъ турбинъ, изготовлять особый приборъ, состоящій изъ двухъ легкихъ колесъ по типу крыльчатыхъ колесъ скоростныхъ водомѣровъ; одно изъ колесъ образовано радіальными ребрами въ алюминіевомъ барабанѣ и сидитъ на оси, приводимой въ быстрое вращеніе машиной, другое, тоже алюминіевое колесо находится внутри этого барабана; къ выходящей оси второго колеса прикрѣпляется легкій дискъ съ циферблатомъ наверху. Между кромками колесъ находится очень малый зазоръ, вслѣдствіе чего воздухъ, приводимый во вращеніе вмѣстѣ съ барабаномъ, стремится увлечь своимъ треніемъ свободное колесо и натягиваетъ при этомъ спиральную пружинку, мѣшающую ему вращаться вмѣстѣ съ барабаномъ. Шкала этого прибора градуируется опытнымъ путемъ, показанія его не зависятъ отъ температуры и не мѣняются со временемъ; износъ прибора въ виду очень небольшого числа подвижныхъ частей очень малъ. Чувствительность и точность приборовъ очень велика—до $\frac{1}{10}\%$; дѣленія одинаковой величины по всей шкалѣ.

7, стр. 33, 14 сверху. Интересна тахограмма, черт. 363¹⁶⁵), снятая съ турбины Мельмъ и Пфеннингеръ въ 1700 квл. и показывающая дѣйствіе предохранительнаго регулятора, автоматически закрывающаго главный паровой вентиль, когда число обор./мин. *n* превзойдетъ опре-

¹⁶⁴) Z. V. d. I. 1911. S. 1799.

¹⁶⁵) Взято изъ брошюры Dampfturb. Melms & Pfenninger, G. m. b. H., München-Hirschau. S. 21.

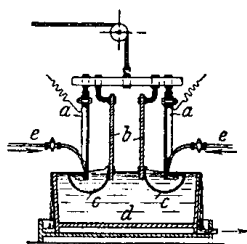
дѣленный максимумъ. Какъ показывають тахограмма, клапанъ зашелкнулся черезъ $12\frac{1}{2}$ сек. послѣ начала разгона турбины, когда число



Черт. 363.

обор./мин. повысилось на 7,7%. Съ этого момента n сразу падаетъ и приблизительно черезъ 33 сек. число обор./мин. переходитъ черезъ нормальное.

8, стр. 40, 21 сверху. *Водяное сопротивление* для очень точнаго регулированія при малыхъ нагрузкахъ можетъ быть сконструировано по предложенію Соединенныхъ заводовъ Рюпъ-Ганаль¹⁶⁶⁾ по черт. 364; вмѣстѣ съ электродами a, a въ бакъ d съ водой погружаются прикрѣп-



Черт. 364.

ленные на стержняхъ b, b изолированные отъ нихъ корытообразные сосуды c, c . Сосуды c, c слегка наклонены, такъ что проточная вода, поступающая по трубкамъ e, e и попадающая на a, a , выливается изъ c, c черезъ край, и вслѣдствіе сильнаго движенія воды сперва имѣетъ мѣсто малая электропроводность и малое поглощеніе энергіи. При большемъ погруженіи сосудовъ c, c вмѣстѣ съ электродами a, a движеніе воды уменьшается, и нагрузка

генератора возрастаетъ.

9, стр. 47, 6 снизу. Для торможенія турбинъ большой мощности при сравнительно небольшомъ числѣ оборотовъ очень удобно пользоваться тормозомъ, у котораго колодки расположены радіально и прижимаются къ соотв. дискамъ давленіемъ воды; короче сказать, тормозъ этотъ является видоизмѣненіемъ извѣстнаго тормоза Ольдена.

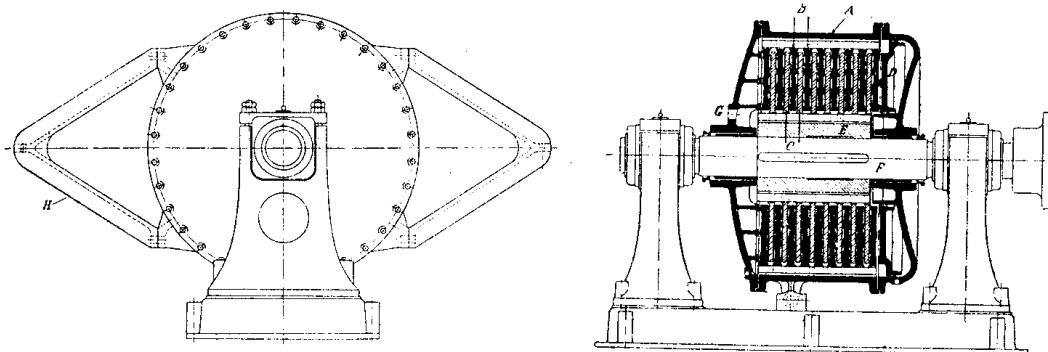
Конструкція этого тормоза, употребляемаго судостроительными заводами „Вулканъ“, Гамбургъ и Штеттинъ, представлена на черт. 365 и 366¹⁶⁷⁾: въ цилиндрическомъ чугунномъ кожухѣ A находятся нѣсколько, въ данномъ случаѣ 9, чугунныхъ дисковъ B , которые могутъ перемѣщаться вдоль оси вала, но соотв. вырѣзами на дискахъ и выступами на кожухѣ удерживаются отъ вращенія; диски B снабжены съ обѣихъ сторонъ вставками изъ твердаго дерева торцомъ. Между дисками B вращаются стальные диски C , увлекаемые во вращеніе валомъ F черезъ посредство закрѣпленной на немъ стальной втулки E ; диски C тоже могутъ перемѣщаться въ осевомъ направленіи вдоль соотв. выступовъ на E .

¹⁶⁶⁾ Z. V. d. I. 1912, S. 892.

¹⁶⁷⁾ Bauer u. Lasche. Schiffsturbinen. München. 1913, S. 383.

Нажатіе неподвижныхъ и вращающихся дисковъ другъ на друга производится давленіемъ воды черезъ посредство поршня *D*.

Регулированіе давленія воды, т. е. нагрузки, достигается тѣмъ, что всегда пускаютъ вытекать немного воды изъ полости *D* и отъ руки измѣняютъ открытіе или впускного или выпускного вентиля. Вода, необходимая для охлажденія и смазки трущихся поверхностей, поступаетъ въ отверстіе *G* и выпускается черезъ отверстіе въ кожухѣ *A*.



Черт. 365 и 366.

Вычисленіе поглощаемой работы производится по выраженію

$$N_c = 0,001396 nGl, \quad (19a)$$

гдѣ *n* число обор./мин., *l* длина плеча *H* въ м., черт. 366, отъ оси до точки, въ которой онъ опирается на платформу десятичныхъ вѣсовъ, дающихъ отчетъ *G* кгр.

На черт. 365 и 366 изображенъ приблизительно въ $\frac{1}{50}$ натур. вел. тормозъ для судовой турбины, развивающей до 4000 л. с. при всего 200 обор./мин..

10, стр. 51, 6 снизу. На черт. 367¹⁵⁸⁾, стр. 302, изображенъ слѣва водяной тормозъ при испытаніи турбины для миноносца въ испытательной станціи В. К. Э. Измѣреніе окружного усилія производится съ одной стороны, видимой на чертежѣ, при помощи натяженія пружиннаго динамометра, съ другой стороны—давленіемъ на гидравлическій динамометръ или на десятичныя вѣсы.

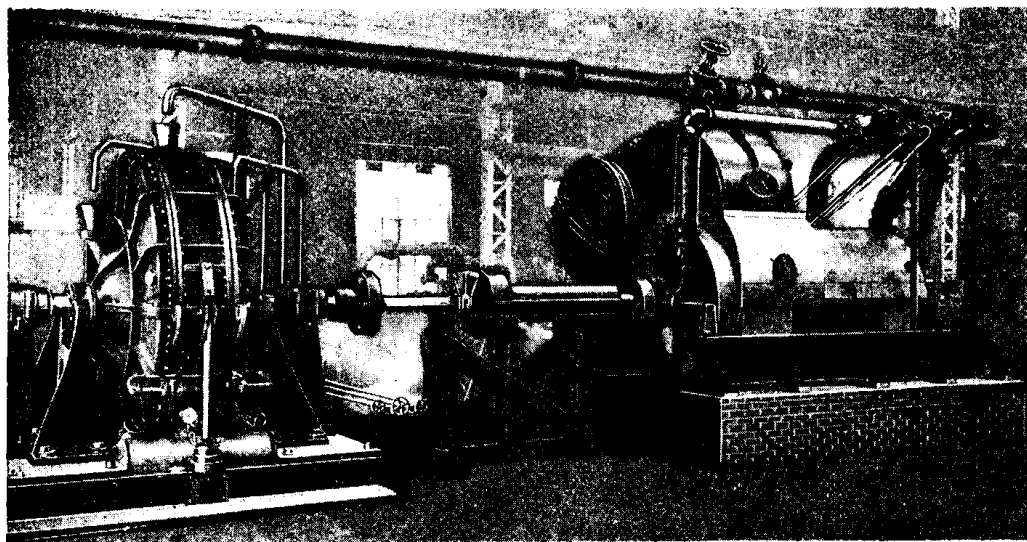
Между тормозомъ и турбиной показанъ динамометръ Феттингера, который при этомъ градуировался и вывѣрялся для послѣдующаго испытанія турбины послѣ установки ея на суднѣ.

10, стр. 60, 23 сверху. На той же схемѣ—центробѣжнаго насоса—основано устройство тормоза Феттингера, черт. 368–370¹⁶⁹⁾, стр. 302: на валу *a*, соединяемомъ съ испытываемой турбиной при помощи муфты *l*, насажено колесо *b* центробѣжнаго насоса; чугунный кожухъ *c* виситъ на валу *a* и подобно предыдущимъ конструкціямъ передаетъ испытываемый имъ моментъ вращенія на соотв. динамометръ.

¹⁶⁸⁾ Bauer u. Lasche. Schiffsturb. S. 384.

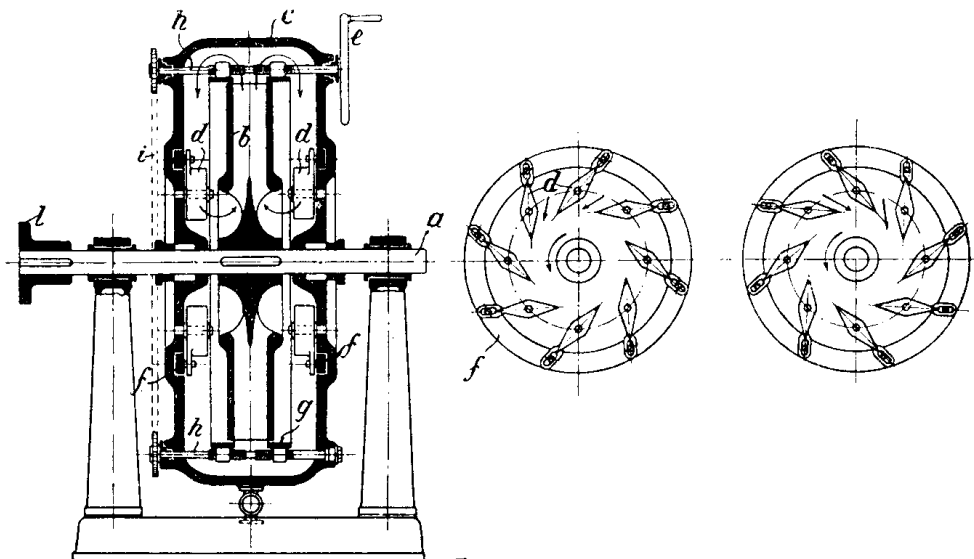
¹⁶⁹⁾ Bauer u. Lasche. Schiffsturb. S. 392.

Особенность тормоза въ способѣ регулированія величины поглощаемой работы: кожухъ *c* заполняется совершенно водой, циркулирующей,



Черт. 367.

какъ указано стрѣлками, черт. 368; одновременно съ тѣмъ водѣ сообщается скорость и въ касательномъ направленіи, такъ что движеніе ея происходитъ собственно по спиралямъ; въ колесо *b* вода вступаетъ съ пѣкоторой окружной скоростью. При помощи особыхъ поворотныхъ на-



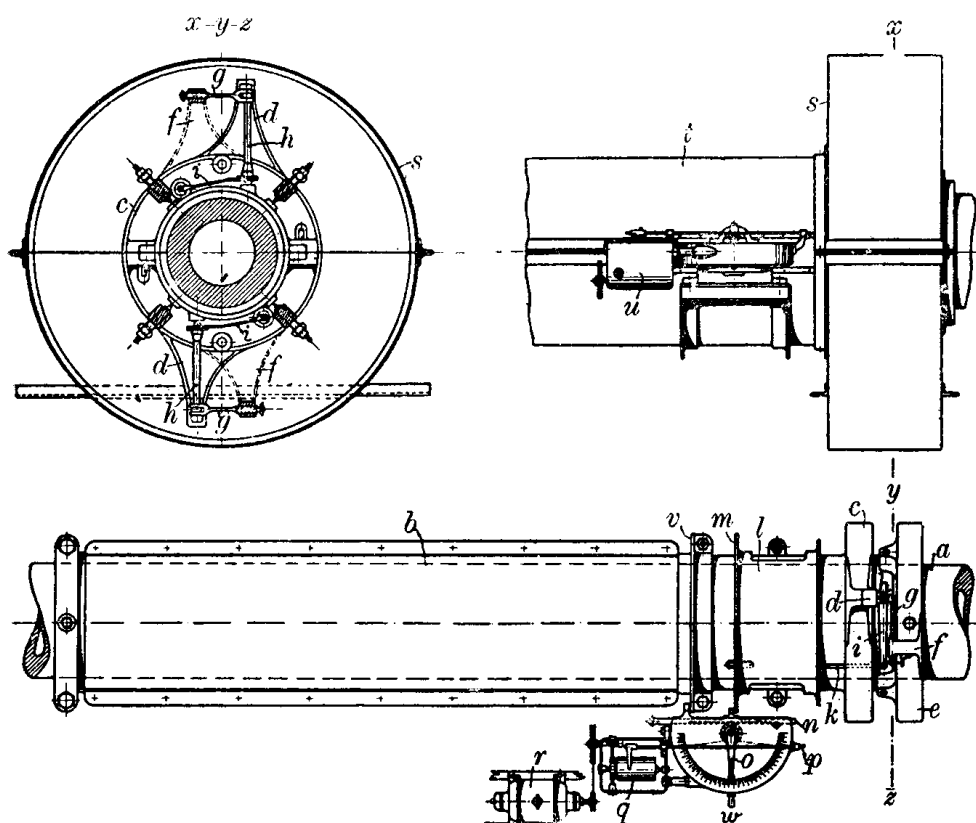
Черт. 368—370.

правляющихъ лопатокъ *d, d*, черт. 368—370, можно измѣнять упомянутую скорость вступленія, а одновременно съ тѣмъ и количество циркулирующей воды, а также можно повертывать лопатки *d* такъ, чтобы направленіе движенія вступавшей воды или совпадало или было противополо-

ложно направленію вращенія колеса b , черт. 369 и 370. Поворачиваніе лопатокъ производится подобно направляющему прибору водяныхъ турбинъ путемъ поворачиванія снаружи особой рукояткой коленъ f, f , къ которымъ прикрѣплены кулаки, входящіе въ прорѣзы въ концахъ d . Кромѣ того, количество циркулирующей въ единицу времени воды можно измѣнять еще при помощи цилиндрическихъ задвижекъ g, g . Осевое перемѣщеніе задвижекъ g, g производится при помощи вращенія за маховичекъ e обеихъ стержней h, h съ лѣвой и правой нарѣзкой.

Необходимое охлажденіе тормоза достигается непрерывнымъ выпусканіемъ нагрѣвающейся воды въ нижней точкѣ кожуха c ; убыль воды пополняется впускомъ ея черезъ гибкій шлангъ близъ центра прибора. Расходъ охлаждающей воды регулируется отъ руки сообразно нагрузкѣ, чтобы температура воды не превосходила 85°Ц. .

12, стр. 70, 10 сверху. На черт. 371—373 представленъ новѣйшій индикаторъ Феттингера, имѣющій сходство съ предыдущимъ приборомъ: обычная для приборовъ Феттингера кинематическая связь $ghik$ перемѣщаетъ (подъ вліяніемъ поворачиванія колѣнъ d, d на трубѣ b отно-



Черт. 371—373.

сительно колѣнъ f, f на валу a) въ осевомъ направленіи легкую ползушку l , къ фланцу m которой можетъ прижиматься слабой спиральной пружинкой кулачекъ на зубчатой рейкѣ n , относительное осевое пере-

мѣщеніе которой указывается стрѣлкой *o* на шкалѣ; кромѣ того, то-же промежуточное зубчатое колесо переключаетъ рейку *p*, на концѣ которой находится карандашъ, дѣлающій запись на діаграммномъ барабанѣ *q*, приводимымъ во вращеніе электродвигателемъ *r* черезъ посредство шнуровой передачи. Чтобы приборъ напрасно не изнашивался, шкала съ рейкой *n* нормально оттягивается пружинкой немного влѣво; для производства отчета и записи шкалу надо подвинуть за рукоятку *w* вправо, пока упоръ на шкалѣ не прижмется къ фланцу *v*.

На черт. 373 приборъ показанъ открытымъ со снятыми кожухами *s* вокругъ вращающихся колѣнъ, *t* вокругъ трубы и *u* на пишущемъ приспособленіи.

Остальные детали прибора понятны по чертежамъ.

30, стр. 172, 9 сверху. Особенно трудно получить правильную пробу пара низкаго давленія, вслѣдствіе того, что у него удѣльные вѣса частичекъ пара и капелекъ воды отличаются гораздо больше другъ отъ друга, чѣмъ у пара большаго давленія.

Согласно опытовъ Стоттъ и Пиготтъ ¹⁷⁰⁾ наилучшіе результаты получаются съ заборомъ пара по черт. 374: въ стѣнку вертикальной трубы *c*, по которой паръ поднимается, ввертывается изогнутая $\frac{1}{2}$ "-ая трубка *b* съ колѣномъ, направленнымъ настрѣчу пару; въ трубку *b* ввертывается бронзовый наконечникъ *a* $\frac{3}{8}$ " въ діаметрѣ съ кромками, заостренными, какъ лезвіе ножа; ось наконечника *a* отстоитъ отъ стѣнки *c* на $\frac{1}{6}$ *D*, діаметра трубы, такъ какъ по опытамъ Стотта и Пиготта на этомъ разстояніи отъ стѣнки проба пара соотвѣтствуетъ средней величинѣ. Для правильности средней пробы непремѣнное условіе, чтобы скорость въ наконечникѣ *a* была точно равна средней скорости пара въ трубѣ *c*, т. е. чтобы количество отбираемаго пара, пускаемаго въ калориметръ, *g* кгр./ч. относилось къ количеству *G* кгр./ч., идущаго по трубѣ *c*, какъ сѣченіе *f* наконечника *a* къ сѣченію *F* трубы *c*; откуда количество пара, забираемаго въ калориметръ, должно быть

$$g = G \cdot f / F; \quad (46a)$$

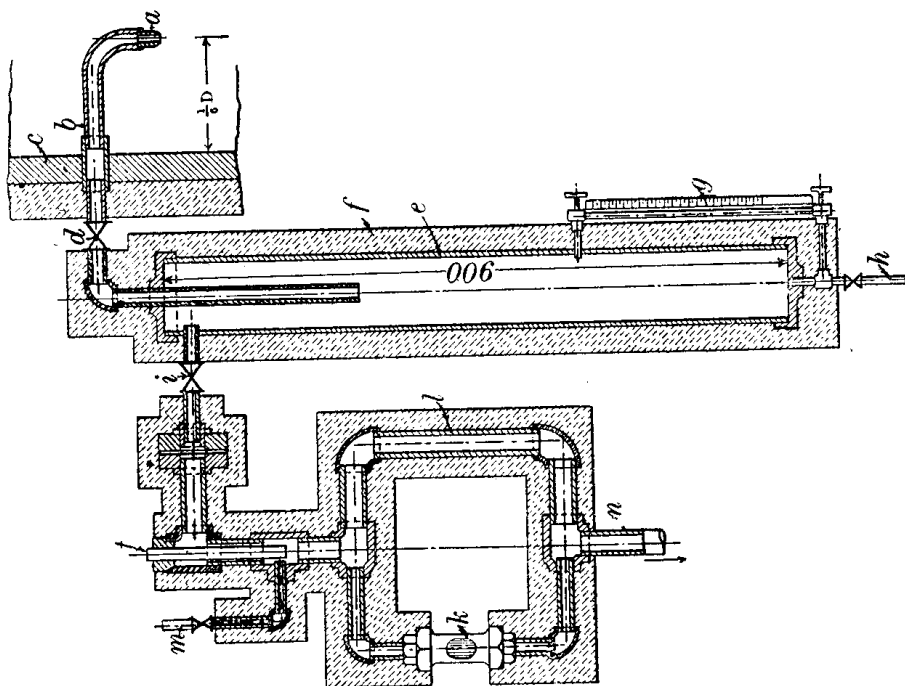
требуемая величина *g* достигается бѣльшимъ или меньшимъ открытіемъ крана *i*.

31, стр. 174, 17 сверху. Для опредѣленія влажности пара малаго давленія, напр., пара, поступающаго изъ аккумулятора тепла въ турбину низкаго давленія, Стоттъ и Пиготтъ выработали калориметръ особой конструкціи, главнымъ образомъ, отличающійся значительными размѣрами. Схема и производство отчетовъ тождественны съ разобраннымъ выше комбинированномъ калориметромъ Баруса.

По трубкѣ *b*, черт. 374, около $\frac{1}{12}$ натур. вел., паръ поступаетъ черезъ вентиль *d*, открываемый полностью, въ калориметръ-водоотдѣлитель, образованный изъ латунной трубы *e* въ 100 мм. въ діаметрѣ; ко-

¹⁷⁰⁾ Proceed. Am. Inst. El. Eng. 1910, p. 1495.

личество выделяющейся здесь воды g_1 измеряется по водомѣрному стеклу со шкалой g . Далѣе паръ проходитъ черезъ регулируемый кранъ i , которымъ онъ мнѣтся и перегрѣвается и, пройдя по развѣтвленію k и l , попадаетъ по 1"-ой трубѣ n въ поверхностный холодильникъ, послѣ ко-



Черт. 374.

торого измеряется его количество g_2 . Въ штуцеръ-чашку t изъ $\frac{1}{4}$ "-ой газовой трубки вставляется термометръ, которымъ измеряется температура перегрѣва t , а $\frac{1}{4}$ "-ая трубка m сообщается полость калориметра съ ртутнымъ вакууметромъ. Весь приборъ тщательно изолированъ отъ потери тепла слоемъ азбестита f , толщиной около 40 мм., кромѣ глазка k , который образованъ изъ водомѣрнаго стекла въ $\frac{3}{4}$ " и позволяетъ судить, дѣйствительно ли весь паръ перегрѣтъ благодаря мятію краномъ i : малѣйшее присутствіе влаги, наблюдавшееся иногда еще при перегрѣвѣ въ $3\div 5^\circ\text{Ц.}$, вызываетъ внутреннее отпотѣваніе стекла у k . Второе отвѣтвленіе l изъ 1"-ой трубы сдѣлано, чтобы, не увеличивая діаметра стекла у k , облегчить удаленіе пара, имѣющаго очень большой удѣльный объемъ, въ холодильникъ. Поправка на лучеиспусканіе была найдена менѣе 0,10%, такъ что ею можно пренебрегать.

Какъ показали тщательные опыты, калориметръ-водоотдѣлитель выдѣлялъ лишь 60÷80% всей влажности; дроссель-калориметръ перерабатывалъ влажность до 2 и даже 3% при расширеніи пара отъ 0,85÷1,40 до 0,04÷0,05 кгр./см.² абс. Наинизшее паросодержаніе, опредѣлявшееся этимъ комбинированнымъ калориметромъ, было $x=0,85$.

33, стр. 185, 9 сверху. Въ послѣднее время надъ вопросомъ объ измѣреніи расхода пара работаетъ В. И. Ясинскій, предпринявшій очень обстоятельные и интересные опыты надъ измѣреніемъ расхода пара при

помощи діафрагмъ, вставляемыхъ между фланцами паропровода ¹⁷¹⁾. Пока имъ изучены болѣе подробно тонкія діафрагмы толщиной въ 5 мм. съ острыми кромками, сръзанными подъ 45° по черт. 309, стр. 207. Полученныя имъ данныя о величинѣ коэффициента расхода μ этихъ діафрагмъ сводятся въ главныхъ чертахъ къ слѣдующему:

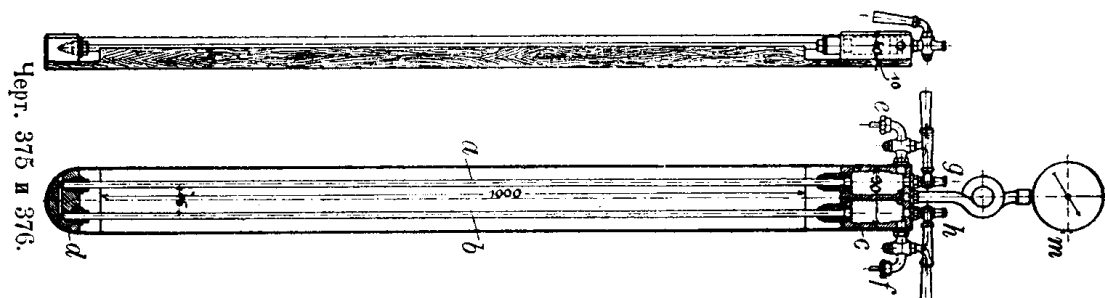
1, μ въ предѣлахъ отъ 2 до 12 атм. не зависитъ отъ начальнаго давленія пара;

2, μ мало зависитъ отъ паденія Δp при прохожденіи діафрагмы;

3, μ зависитъ отъ температуры пара, отъ типа діафрагмы и ея діаметра;

4, въ „острыхъ“, тонкихъ діафрагмахъ μ уменьшается довольно быстро съ увеличеніемъ d до 40 мм.; а затѣмъ остается почти постояннымъ и равнымъ: для сухого насыщеннаго пара $\mu=0,63$, для перегрѣтаго, отъ $t=260^\circ$ до 300°Ц. , $\mu=0,58$.

Точность, достижимая при пользованіи этими діафрагмами съ ртутнымъ дифференціальнымъ манометромъ по черт. 375 и 376 и указанными выше величинами μ , составляетъ около $\pm 3\%$.

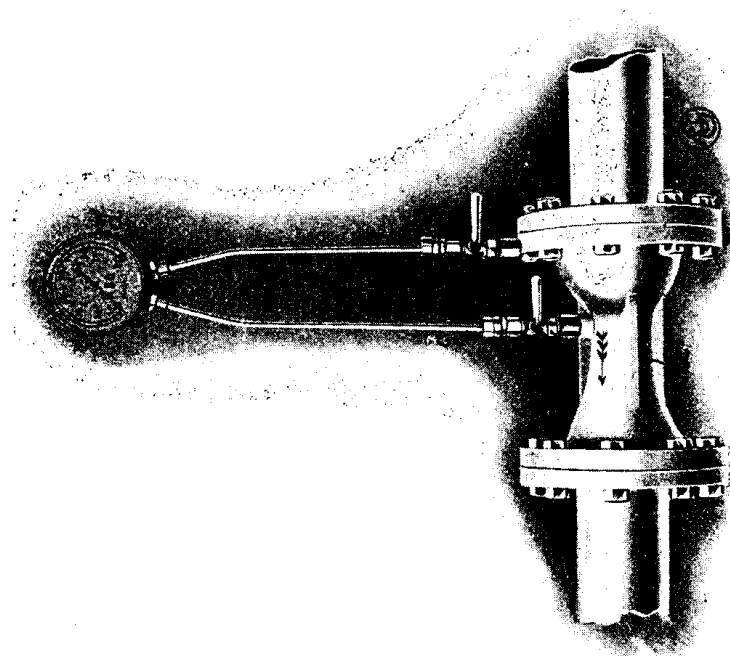


Ртутный манометръ долженъ быть изготовленъ изъ стеклянныхъ трубокъ a и b , испытанныхъ на высокое давленіе и укрѣпляемыхъ въ коробкахъ c и d при помощи сальниковъ съ замшевой или резиновой набивкой. Коробка d должна быть исполнена изъ стали, а c можетъ быть бронзовой. Краникъ c соединяетъ трубку a съ паропроводомъ до діафрагмы, а f —за ней; воздушные краники g и h служатъ для продувки прибора; металлическій манометръ m указываетъ давленіе пара въ паропроводѣ. Трубки, соединяющія манометръ съ паропроводомъ, должны быть заполнены водой, верхній уровень которой долженъ быть въ обѣихъ на одинаковой высотѣ, для чего можно воспользоваться сосудами съ переливомъ по черт. 205, соотв. 273 и 274.

34, стр. 191, 1 снизу. Для той же цѣли—контроля за расходомъ пара при питаніи котловъ центробѣжными насосами—можно воспользоваться водомѣромъ Вентури: въ нагнетательный трубопроводъ вставляется патрубокъ a , черт. 377, сперва сужающійся, затѣмъ вровъ расширяющійся до діаметра трубопровода. По давленію p_1 до прибора и по

¹⁷¹⁾ Бюлет. Полит. О-ва, 1913, стр. 402—403; см. также Л о м ш а к о в ъ, Испытаніе паровыхъ котловъ. 2 изд. СПб. 1913, стр. 505—512.

нижнему давлению p_2 въ самомъ узкомъ мѣстѣ его можно опредѣлить скорость воды, а зная площадь сѣченія въ этомъ мѣстѣ, и расходъ ея въ единицу времени. На практикѣ дифференціальный манометръ d градуируется прямо на расходъ воды при нѣкоторомъ опредѣленномъ дав-



Черт. 377.

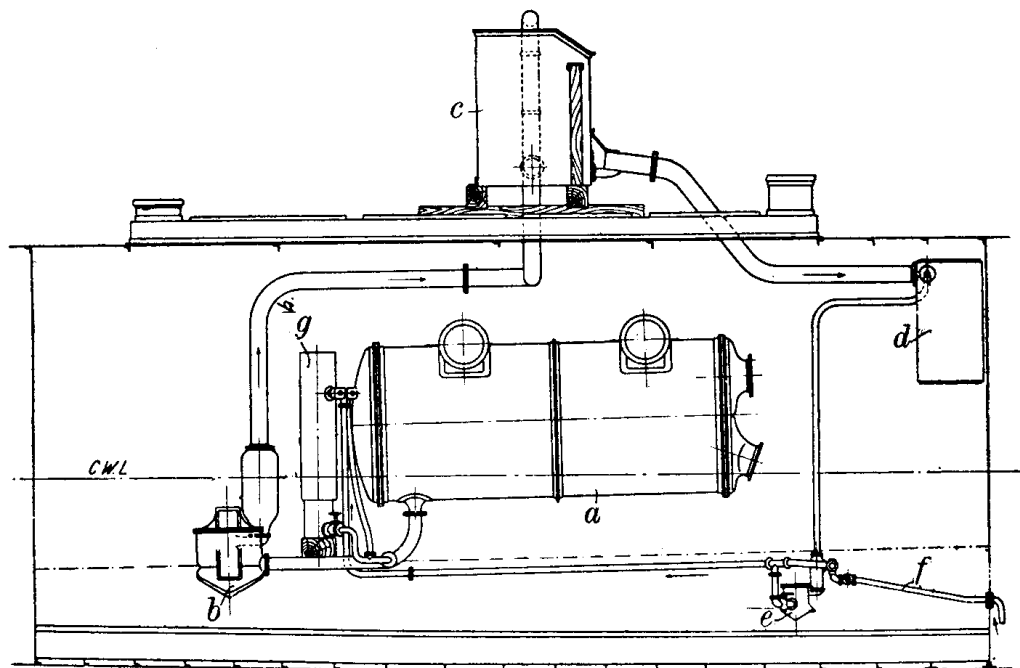
леніи p_1 . При болѣе точныхъ измѣреніяхъ трубки b и c можно присоединить къ дифференціальному ртутному манометру въ видѣ U-образной трубки.

35, стр. 212, 1 снизу. На черт. 378¹⁷²⁾, стр. 308, показано расположеніе всѣхъ приборовъ при измѣреніи данаидами количества конденсата на турбинномъ миноносцѣ: откачиваемый изъ поверхностнаго холодильника a воздушнымъ насосомъ b конденсатъ поступаетъ въ сосудъ c , изъ котораго онъ стекаетъ черезъ калиброванные отверстія въ сборникъ d для теплой воды. Паръ отъ вспомогательныхъ машинъ идетъ въ подогреватель питательной воды, откуда по трубѣ f поступаетъ въ измѣрительный бакъ g ; e вспомогательный воздушный насосъ.

На черт. 379 изображенъ наружный видъ, а на черт. 380—разрѣзъ сосуда съ калиброванными отверстіями: конденсатъ поступаетъ въ прямоугольный клепанный бакъ a по трубѣ b , проходитъ для успокоенія уровня черезъ отверстія въ промежуточномъ днищѣ c , регулируемая за рукоятки e 2 заслонками d, d , затѣмъ мимо днища-перегородки f и черезъ перегородку g съ отверстіями попадаетъ въ пространство, изъ котораго вытекаетъ черезъ калиброванные насадки h, h въ сливную трубу p ; вертикальная переборка i служитъ тоже для полученія спо-

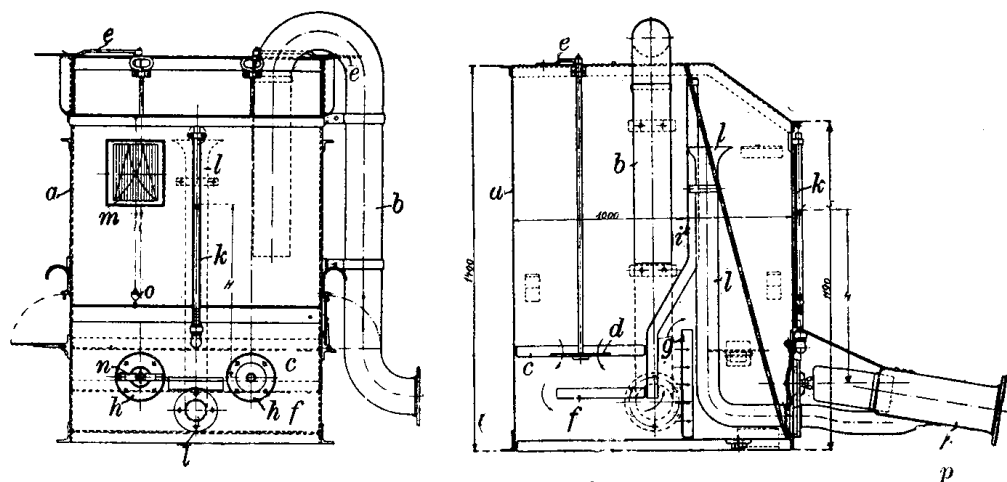
¹⁷²⁾ Bauer u. Lasche. Schiffsturb., S. 379.

койнаго уровня; высота напора H измѣряется по водомѣрному стеклу k . На наружной стѣнкѣ бака a виситъ найденная опытнымъ путемъ діаграмма m , которая даетъ по H сразу для разныхъ насадокъ соотв. рас-



Черт. 378.

ходъ G кгр./ч., а также поправки на вліяніе температуры конденсата. На случай несоотвѣтствія размѣра взятой насадки измѣряемому расходу воды бакъ снабженъ переливной трубой l . Для правильности ре-

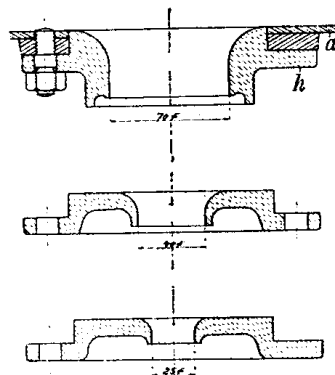


Черт. 379 и 380.

зультатовъ бакъ a долженъ стоять на горизонтальной плоскости, о чемъ судятъ по отвѣсу o .

На черт. 379 и 380 изображенъ приборъ для измѣренія до 100 м.³/ч..

На черт. 381—383 представлены 3 изъ смѣнныхъ насадокъ, позволяющихъ держать H на желаемой высотѣ, независимо отъ G ; кромѣ того, приборъ можетъ работать или съ 1 или съ 2 насадками; напр., на черт. 379 лѣвая насадка показана закрытой изнутри пробкой, подтянутой болтомъ и скобой n , какъ люкъ у котла.



Черт. 381—383.

36, стр. 215, 2 сверху. При параллельномъ опредѣленіи расхода пара по количеству питательной воды, подаваемой въ котель, и по количеству конденсата, откачиваемого изъ поверхностнаго холодильника, почти всегда вторая величина оказывается меньше первой, даже если учесть всѣ потери пара на пути отъ парового котла до турбины. Причина кроется обыкновенно въ утечкахъ воды сквозь неплотности въ паровомъ котлѣ—въ швахъ, мѣстахъ развальцовки трубокъ, спускномъ вентилѣ. Утечки эти могутъ доходить до $10 \div 12\%$ поданной въ котель воды, иногда даже до 20% ¹⁷³). Утечку эту можно обнаружить и измѣрить слѣдующимъ образомъ: запирають паровпускной вентиль къ турбинѣ и, поддерживая въ котлѣ нормальное давленіе, опредѣляютъ пониженіе уровня воды въ теченіе достаточно продолжительнаго времени, не мене 1 часа; если утечка велика, то опредѣляютъ количество питательной воды, подаваемой при этомъ въ котель для поддержанія уровня воды на одной высотѣ. При опредѣленіи расхода пара по количеству питательной воды указанную провѣрку необходимо дѣлать, какъ непосредственно до испытанія турбины, такъ и сейчасъ же послѣ него. Въ случаѣ, если утечка за время испытанія возрасла, вслѣдствіе дальнѣйшаго разстройства швовъ или стыковъ у котла, для поправки можно брать среднюю арифметическую величину.

Разумѣется, если только возможно, надо избѣгать работать съ неплотными котлами, такъ какъ опредѣленіе утечки не можетъ быть произведено съ большою точностью, да и постановка этого испытанія—поддерживаніе въ котлѣ постояннаго рабочаго давленія при очень маломъ расходѣ пара—дѣло нелегкое.

Для измѣренія пониженія уровня воды въ котлѣ, а также для поддержанія его на заданной постоянной высотѣ и, наконецъ, для полученія документа, доказывающаго правильное питаніе парового котла во время испытанія, очень удобенъ и полезенъ особый приборъ Ришара, въ которомъ высота уровня воды указывается на циферблатѣ стрѣлкой, связанной съ поплавкомъ, плавающимъ на поверхности воды внутри котла. Благодаря промежуточнымъ передачамъ измѣненія уровня воды указываются въ увеличенномъ масштабѣ. Кромѣ указателя-стрѣлки, приборъ можетъ быть еще снабженъ по желанію самозаписывающимъ приспособленіемъ.

¹⁷³) Proceed. Am. Inst. El. Eng. 1910, p. 1891.

36, стр. 218, 14 сверху. *Расходъ пара по тепловому балансу холодильника* опредѣляютъ, если нѣтъ другихъ приборовъ и средствъ. Если найдены, напр., по водомѣру, расходъ охлаждающей воды W кгр./ч., температура ея t_1 при вступленіи и t_2 при выходѣ изъ холодильника, t_k температура конденсата, а i_0 теплосодержаніе отработавшаго пара передъ вступленіемъ въ холодильникъ, то расходъ пара G кгр./ч. можно вычислить по выраженію

$$G = \frac{W(t_2 - t_1)}{i_0 - t_k}, \quad (69a)$$

гдѣ въ случаѣ вбрызгивающаго холодильника $t_k = t_2$.

Впрочемъ, къ этому способу можно прибѣгать лишь въ крайнемъ случаѣ, и къ полученному результату слѣдуетъ относиться лишь какъ къ приближительному, имѣющему точность не болѣе $\pm 10\%$, и даже $\pm 20\%$.

Происходитъ это по цѣлому ряду причинъ: 1, относительная ошибка разности $t_2 - t_1$ вслѣдствіе того, что величины t_2 и t_1 слишкомъ близки другъ къ другу, очень велика; она можетъ доходить до $\pm 10\%$ и даже быть значительно больше; 2, величина G получается какъ результатъ многочисленныхъ измѣреній, отдѣльныя ошибки накапливаются; 3, точность измѣренія температуръ t_1 и t_2 невелика, особенно при поверхностномъ холодильнике, такъ какъ отходящая вода получается изъ струй различной температуры, обыкновенно недостаточно хорошо перемѣшавшихся; 4, величина i_0 можетъ быть найдена по таблицамъ паровъ съ достаточной точностью лишь въ случаѣ перегрѣтаго состоянія пара, что, правда, встрѣчается ¹⁷⁴⁾, но далеко не всегда. Такъ какъ опредѣленіе влажности пара x_0 какъ указано выше, сопряжено съ большими неточностями, и усложняетъ все испытаніе, то для влажнаго выпускного пара разбираемый способъ теряетъ всякое значеніе.

Вообще мы сочли необходимымъ упомянуть о немъ, чтобы указать на него какъ на контрольное измѣреніе, желательное, какъ вообще всякій контроль, и предостеречь отъ пользованія имъ въ важныхъ случаяхъ.

44, стр. 261, 6 снизу. Въ заключеніе можно привести приспособленіе, позволяющее измѣрять осевую силу, дѣйствующую на валъ турбины, по схемѣ разобранныхъ выше индикаторовъ крученія и примѣняемое при испытаніи судовыхъ турбинъ для измѣренія осевого давленія, производимаго гребнымъ винтомъ.

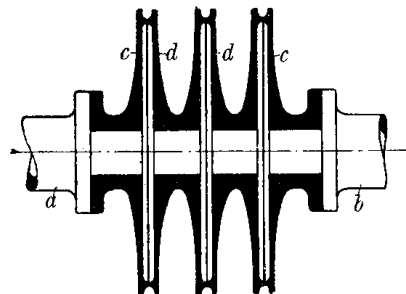
Черт. 384 ¹⁷⁵⁾ показываетъ схему приспособленія: между ведущимъ концомъ вала a и ведомымъ— b включаются дисковые муфты c, d , которыя даютъ при дѣйствіи осевой силы хотя небольшое, но поддающееся измѣренію осевое перемѣщеніе a относительно b . Для измѣренія силы растяженія отъ a къ b , напр., при заднемъ ходѣ судна, диски c, d долж-

¹⁷⁴⁾ См. напр. испытаніе турбины Мельмса и Пфеннингеръ, Z. V. d. I. 1906, S. 1865.

¹⁷⁵⁾ Bauer u. Lasche. Schiffsturb. S. 400.

ны быть скрѣплены у окружности соотв. устроенными болтовыми скрѣпленіями. Разумѣется, муфты *c, d* одновременно передаютъ и крутящій моментъ, но при большомъ діаметрѣ ихъ упругія деформации крученія получаются неизмѣримо малыми.

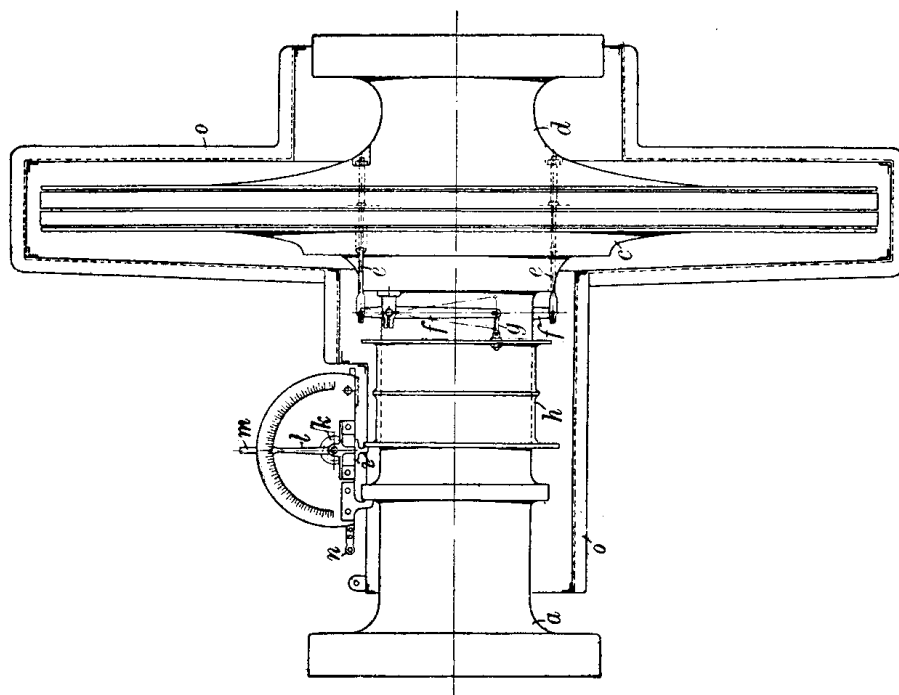
Прогибы дисковъ должны быть невелики, чтобы не получить недопустимыхъ напряженій матеріала; въ виду этого приборъ составляютъ изъ нѣсколькихъ паръ дисковъ, прогибы которыхъ складываются и увеличенныя соотв. рычажной передачей измѣряются по образцу индикатора Феттингера.



Черт. 384.

Величину прогиба дисковъ можно вычислить заранее, но все же надежнѣе производить градуировку непосредственно опытнымъ путемъ, пользуясь для этого гидравлическимъ динамометромъ

На черт. 385 представлена конструкция такого прибора съ одной парой дисковъ, но большого діаметра; относительное перемѣщеніе



Черт. 385.

штулокъ *c* и *d* передается черезъ посредство рычаговъ *efg* легкой втулкѣ *h*, къ лѣвому буртику которой прижимается кулачекъ *i*, перемѣщенія котораго отъ 0 передаются связанной съ нимъ зубчатой рейкой и шестеренкой *k* стрѣлкѣ *l*. На время отчета указательный приборъ прижимается вправо за рукоятку *m*; остальное время онъ выводится изъ соприкосновенія съ *h* спиральной пружиной, оттягивающей его влѣво за язычекъ *n*; *o, o* кожухъ, которымъ закрыты вращающіяся части прибора.

Правила для испытанія паровыхъ турбинъ¹⁾.

I. Введение.

Предлагаемыя правила имѣютъ цѣлью дать общія указанія для испытанія паровыхъ турбинъ.

Необходимо въ протоколы заносить не только результаты изслѣдованій, но также и главнѣйшія данныя испытываемыхъ установокъ, равно какъ и обстоятельства, при которыхъ эти результаты получены. Тогда результаты изслѣдованія могли бы быть использованы не только въ данномъ отдѣльномъ случаѣ, но приобрѣли бы и общее значеніе. Для этого необходимо, чтобы всѣ указанія дѣлались однообразно, согласно нижеслѣдующимъ правиламъ.

Производство испытаній слѣдуетъ поручать лишь такимъ лицамъ, которые обладаютъ необходимыми для этого познаніями и навыкомъ. Они должны выработать планъ испытаній, сообразно преслѣдуемой цѣли, такъ какъ *во многихъ случаяхъ не требуется, чтобы указанная ниже изслѣдованія производились во всей ихъ полнотѣ*; затѣмъ они должны провѣрить точность всѣхъ примѣняемыхъ при испытаніи приборовъ и обработать результаты изслѣдованій. Въ основу работы должны быть положены нижеприводимыя правила, при чемъ въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ изъ нихъ долженъ быть сдѣланъ выборъ въ соотвѣтствіи съ задачами испытанія.

II. Основныя положенія договора.

1) Чтобы по возможности устранить недоразумѣнія при постановкѣ опытовъ и при оцѣнкѣ полученныхъ результатовъ, слѣдуетъ очень рекомендовать въ договорѣ на поставку оговаривать не только гарантіи, но и способъ повѣрки этихъ гарантій, принимая во вниманіе особенности установки и руководствуясь предлагаемыми правилами.

2) Вообще, въ договорѣ слѣдуетъ упоминать лишь о тѣхъ гарантіяхъ, кои могутъ быть повѣрены непосредственно, т. е. гарантіи должны относиться лишь къ измѣримымъ величинамъ. Поэтому слѣдуетъ старательно избѣгать неопредѣленныхъ или трудно опредѣляемыхъ понятій; напр., выраженія „наибольшая нагрузка“, „кратковременная перегрузка“ слѣдуетъ примѣнять лишь вмѣстѣ съ указаніемъ точнаго времени и величины допускаемой нагрузки, перегрузки и т. п.

3) Въ договорѣ на поставку паровой турбины рекомендуется указывать гарантіи расхода пара для нѣсколькихъ (по меньшей мѣрѣ двухъ) нагрузокъ, при чемъ одна изъ нихъ должна быть по возможности ближе къ нагрузкѣ, предполагаемой при пріемныхъ испытаніяхъ. Далѣе, договоръ долженъ заключать въ себѣ указанія на:

а) состояніе пара передъ *турбиной*²⁾ (давленіе и температура при перегрѣтомъ, при насыщенномъ или влажномъ парѣ);

б) давленіе пара въ выпускной трубѣ или температуру и количество охлаждающей воды, если вмѣстѣ съ *турбиной* устанавливается конденсаторъ;

в) способъ и мѣсто испытанія.

¹⁾ Изъ правилъ, составленныхъ для паровыхъ поршневыхъ машинъ и турбинъ и принятыхъ 2-мъ Всероссийскимъ Сѣздомъ по Горному Дѣлу, Металлургіи и Машиностроенію, авторомъ сдѣлано извлеченіе, касающееся только паровыхъ турбинъ.

²⁾ Курсивомъ выдѣлены авторомъ слова, введенныя имъ при подгонкѣ общихъ правилъ специально для испытанія паровыхъ турбинъ.

Въ случаяхъ примѣненія перегрѣтаго пара, гарантію слѣдуетъ указывать для нѣсколькихъ различныхъ температуръ перегрѣва или же слѣдуетъ обусловливать способъ пересчета расхода пара или тепла при отклоненіяхъ отъ обусловленной температуры.

Рекомендуется также при паровыхъ турбинахъ оговаривать способъ пересчета расхода пара въ случаяхъ отклоненія вакуума или температуры охлаждающей воды отъ обусловленныхъ въ договорѣ.

5) Если установка котловъ и машинъ производится однимъ и тѣмъ же поставщикомъ, то можно выражать гарантію въ вѣсахъ топлива или въ единицахъ тепла, содержащихся въ топливѣ, расходуемыхъ на единицу мощности машины. Однако, дѣйствительныя температуры перегрѣва должны быть оговорены и должны соответствовать тѣмъ температурамъ, которыя положены въ основаніе гарантій для турбины.

6) Въ договорѣ слѣдуетъ оговаривать величину допустимыхъ отклоненій отъ гарантированныхъ цифръ, при которой гарантія считается еще выполненной. Это условіе имѣетъ цѣлю по возможности учесть неизбежныя ошибки наблюденій и неточности въ постановкѣ опытовъ; поэтому ихъ надо оцѣнивать въ связи съ предметомъ и цѣлю изслѣдованія; такъ, напр., при гарантіяхъ расхода топлива допускаются большія отклоненія, чѣмъ при гарантіяхъ расхода пара. Эти отклоненія должны быть оговорены въ договорѣ въ непосредственной связи съ цифрами гарантій. Если такіе допуски не оговорены въ условіяхъ на поставку, то при оцѣнкѣ результатовъ испытанія не допускается никакихъ отклоненій.

7) При сдачѣ установки или частей ея поставщикъ долженъ позаботиться о томъ, чтобы всѣ предусмотрѣнные въ настоящихъ правилахъ измѣрительные приборы могли быть установлены возможно легко и въ надлежащихъ мѣстахъ, т. е. должны быть устроены необходимые штудера, канюли для термометровъ, контрольные фланцы и т. п. или, по крайней мѣрѣ, должны быть заготовлены соответственные отверстія.

8) слѣдуетъ рекомендовать указывать срокъ, въ продолженіе котораго или послѣ котораго должны быть произведены приемныя испытанія, а также оговаривать тѣ работы, которыя поставщикъ имѣетъ право производить непосредственно передъ приемными испытаніями и указывать для нихъ срокъ, при этомъ необходимо принимать во вниманіе условія работы установки.

Примѣчаніе. При сдачѣ небольшой *турбины*, установившагося типа, поставщику такъ же, какъ и заказчику, желательно, конечно, видѣть ее какъ можно скорѣе принятой. При поставкѣ же крупной *турбины*, построенной по новой модели, или съ приспособленіями для специальныхъ цѣлей, необходимо дать поставщику болѣе продолжительный срокъ, чтобы *турбина* могла приработаться подъ его наблюденіемъ, и чтобы онъ могъ устранить выяснившіяся несовершенства ея. И заказчику весьма желательно имѣть достаточно времени, чтобы хорошо познакомиться съ *турбиной*, прежде чѣмъ принять на себя всю отвѣтственность за нее. Съ другой же стороны, всякія передѣлки *турбины* влекутъ за собой неизбежныя перерывы въ работѣ ея, и поэтому заказчикъ вправѣ желать получить возможно скорѣе безупречно работающую *турбину*.

Не рѣдки случаи, что приемныя испытанія не оговорены въ условіяхъ и поэтому не производятся; а потомъ, когда заказчикъ довольно долго самостоятельно пользуется *турбиной*, выясняются различные недостатки ея. Въ случаѣ, если послѣ этого по взаимному соглашенію производятся испытанія *турбины*, то необходимо, прежде чѣмъ назначать окончательное испытаніе, дать поставщику нѣкоторый срокъ для изслѣдованія *турбины* и разрѣшить ему исправить недостатки, выяснившіеся въ періодъ работы *турбины*.

III. Общія правила.

А. Предметъ изслѣдованія.

9) Предметомъ испытанія можетъ быть:

А) у паровыхъ турбинъ:

- а) состояніе рабочаго пара (его давленіе, температура или влажность);
- б) число оборотовъ;

- в) мощность (работа);
- г) расход пара в 1 час на единицу мощности;
- д) расход пара (если привод происходит от отдельной вспомогательной машины) или электрической энергии на приведение в действие вспомогательных механизмов;
- е) количество и температура охлаждающей воды;
- ж) колебание скорости при постоянной нагрузке и изменении среднего числа оборотов при внезапной или постепенной перемене нагрузки;
- з) расход смазки;
- и) температура и расход воды на охлаждение масла.

Примечание. Так как в громадном большинстве случаев паровые турбины работают в непосредственном соединении с какими-либо рабочими машинами (динамо, насосом, компрессором и т. п.), то определение эффективной работы их обычно весьма затруднительно. С другой же стороны, индикаторная работа паровой турбины является понятием совершенно отвлеченным, не поддающимся непосредственному измерению. Поэтому в условиях на поставку гарантия расхода пара паровой турбины обычно относится к единице работы исполнительного механизма (напр., на 1 кв. в 1 час, на 1000 кв. м. в 1 час подаваемого воздуха или воды при данной разности давлений или при высоте подачи в м. и т. п.).

Смазка главных подшипников паровых турбин устраивается обычно так, что масло непрерывно циркулирует и по пути фильтруется и охлаждается. Поэтому расход смазки обычно весьма незначителен, и определение его представляет большие затруднения, и во всяком случае требует весьма большого времени наблюдения. Что касается расхода смазки на второстепенные части турбины, то определение его не может представить затруднений.

Б) Родъ, число и продолжительность испытаний, допустимыя отклонения.

10) Родъ, число и продолжительность опытов определяются целью испытания и должны быть выбраны и обусловлены заранее сообразно с условиями договора и работы установки. При испытаниях же, представляющих особую важность, когда результаты их имеют решающее значение, напр., для приемки, штрафа или премии, — в соответствии с размером связанного с этим интереса.

11) Родъ испытаний. *Для турбин* следует ставить испытания без перерывов; *это легко сделать* при установках, которые работают по меньшей мере 8—10 часов непрерывно при почти одинаковой нагрузке, *в противном случае* подобную работу надо осуществить искусственно.

12) При определении расхода пара измерением количества питательной воды, подаваемой в котлы, опыт должен продолжаться непрерывно 8 часов, или же при совершенно равномерной нагрузке по меньшей мере 6 часов. При каждом опыте надо сделать по меньшей мере один полный промежуточный отсчет (запись); однако результаты промежуточного отсчета ни в коем случае нельзя принимать за результаты всего опыта.

Примечание. В моменты промежуточных отсчетов следует вести опыт так, как в конце всякого независимого опыта, т. е. к этому моменту надо привести к начальному состоянию уровень воды в котле, давление и т. п., и произвести все записи, не исключая расхода пара или топлива. Таким образом, время между промежуточными отсчетами представляет собой как бы независимые опыты, непосредственно следующие один за другим. Только результаты таких промежуточных отсчетов ни в коем случае не следует трактовать независимо, как результат всего опыта.

При определении расхода пара по котлу неизбежна довольно значительная неточность при приведении уровня воды в котле к одинаковой высоте в начале и в конце опыта. Чтобы уменьшить относительное значение этой ошибки, желательно вести опыт возможно продолжительнее; с другой же стороны, продолжительность опытов более 8 часов часто влечет за собой большие затруднения эксплуатационного характера. Поэтому этот параграф должен служить во всяком случае к тому, чтобы избегать слишком коротких опытов, при которых значительно сказывается основная неточность наблюдения уровня воды в котле, оставляя однако полную свободу руководителю ставить более продолжительные опыты там, где это необходимо и возможно.

Ошибка наблюдений уровня воды в котле скажется особенно сильно при значительном несоответствии в размерах котла и испытываемой турбины, напр., если расход пара небольшой турбины определяется измерением питательной воды большого котла. Поэтому весьма желательно, чтобы при

испытанія турбины подъ полной нагрузкой, нагрузка поверхности нагрѣва котла приближалась къ нормальной для данной системы. Въ случаѣ же невозможности осуществить это условіе приходится дѣлать опытъ болѣе продолжительнымъ, чтобы уменьшить относительное значеніе ошибки.

13) Если количество израсходованнаго пара опредѣляется помощью поверхностнаго холодильника, то при установившемся состояніи работы достаточно болѣе короткій опытъ, продолжительность коего опредѣляется въ зависимости отъ колебаній нагрузки. При равномерной нагрузкѣ такіе опыты достаточно вести въ теченіе одного часа.

15) Чтобы изучить установку въ работѣ, испытать всѣ приспособленія, необходимыя при опытахъ, и обучить наблюдателей и помощниковъ, рекомендуется производить предварительныя испытанія. Ихъ слѣдуетъ производить непосредственно передъ главными опытами. Продолжительность же ихъ выбирается въ соотвѣтствіи съ обстоятельствами.

Примѣчаніе. Вообще желательныя предварительныя опыты нельзя вводить какъ правило, такъ какъ этимъ повышается и безъ того значительная стоимость опытовъ. Поэтому экспертъ долженъ прибѣгать къ нимъ только въ случаѣ необходимости; поставщика же нельзя лишать возможности произвести передъ сдачей предварительныя испытанія.

16) При испытаніяхъ особой важности слѣдуетъ ставить, кромѣ предварительныхъ опытовъ, еще и два главныхъ опыта одинъ за другимъ. Среднее изъ результатовъ этихъ двухъ главныхъ опытовъ, если они расходятся не болѣе, чѣмъ на 5%, принимается за результатъ опыта. Однако, нельзя брать среднее изъ главнаго и изъ предварительнаго опытовъ.

Примѣчаніе. Нельзя вообще отрицать полезности въ нѣкоторыхъ случаяхъ контрольных опытовъ, но они являются совершенно безполезнами при достаточной точности совпаденія промежуточныхъ отсчетовъ. А такъ какъ контрольные опыты къ тому же значительно удорожаютъ испытаніе, то прибѣгать къ нимъ слѣдуетъ лишь въ случаѣ крайней необходимости.

17) Во время опытовъ въ установившемся состояніи колебанія въ нагрузкѣ не должны превышать $\pm 15\%$.

18) Если средняя нагрузка опыта отличается отъ той, относительно которой дана гарантія, то сравненіе ведется при помощи интерполяціи. При этомъ, если въ договорѣ нѣтъ особыхъ указаній, то общій расходъ пара турбины интерполируется линейно.

Если въ договорѣ дана гарантія только для одной нагрузки, то принимается, что та же гарантія должна быть выполнена при отклоненіяхъ нагрузки на $\pm 7,5\%$. Допуски принимаются въ расчетъ лишь тогда, если они оговорены въ контрактѣ (см. § 6). Другія поправки на отклоненіе отъ гарантированнаго состоянія пара, разрѣженія въ холодильнике и т. п., если онѣ не оговорены въ контрактѣ, слѣдуетъ оговаривать передъ началомъ испытаній. Если же требуемыя поправки могутъ быть опредѣлены на основаніи произведенныхъ опытовъ, то въ расчетъ принимаются именно эти опытные поправки, даже въ томъ случаѣ, если обусловленные въ договорѣ отъ нихъ отличаются.

19) При приемкѣ и всѣхъ опытахъ, служащихъ для выясненія недоразумѣній между поставщикомъ и заказчикомъ, весьма желательно присутствіе и участіе въ нихъ какъ поставщика, такъ и заказчика, или ихъ уполномоченныхъ.

В) Единицы измѣреній и обозначенія.

20) Всѣ размѣры должны быть указаны въ метрическихъ мѣрахъ.

21) Измѣренія температуры производятся по 100-градусному термометру (Цельсія); количества теплоты выражаются въ килограммо-калоріяхъ.

22) При обозначеніи давленій всегда надо указывать, какое давленіе подразумѣвается: абсолютное, избытокъ давленія (манометрическое) или разрѣженіе (вакуумъ). Если этихъ указаній не имѣется, то подъ давленіемъ пара разумѣется всегда избытокъ давленія надъ атмосфернымъ.

Давленія, меньшія атмосфернаго, обозначаются какъ разръженіе (вакуумъ) и могутъ выражаться въ миллиметрахъ водяного (≈ 1 кгр. на кв. м.) или ртутнаго столба. Подъ вакуумомъ разумѣется разность между барометрическимъ (атмосфернымъ) и измѣряемымъ давленіемъ.

За единицу давленія и разръженія принимается метрическая атмосфера, т. е. давленіе въ 1 кгр. на 1 кв. см.

23) Механическій эквивалентъ теплоты принимается равнымъ: 427 кгр.-м. ≈ 1 един. теплоты (1 килограммо-калорія), и соответственно термическій эквивалентъ 1 лощ. силы въ 1 часъ приравнивается 632 един. теплоты.

24) За единицу мѣры мощности паровой машины считается 1 киловаттъ ≈ 102 кгр.-м. въ сек. или лошадиная сила, равная 75 килограммо-метровъ въ секунду $\approx 0,736$ киловаттъ (1 к.в. $\approx 1,36$ лощ. силы). Надо всегда указывать, имѣется ли въ виду индикаторная, полезная, электрическая или иная работа машины; если этого указанія нѣтъ, то подъ ней всегда разумѣется полезная работа на валу машины за вычетомъ работы всѣхъ необходимыхъ для нея рабочихъ механизмовъ, если они приводятся въ движеніе независимыми машинами.

Расходъ пара въ турбо-генераторахъ относится всегда къ киловатту.

28) При опредѣленіи количества теплоты израсходованнаго пара въ расчетъ принимается полная теплота его передъ входомъ въ машину (по повѣйшимъ даннымъ, напр., диаграммамъ или таблицамъ Mollier).

IV. Выполненіе испытаній.

29) Родъ, число и продолжительность испытаній выбираются согласно § 10—18.

30) Въ началѣ и въ концѣ каждаго испытанія всѣ условія повсюду должны быть совершенно одинаковы: турбина и обслуживающій ее котель должны находиться во все время опыта въ установившемся состояніи.

31) При опредѣленіи расхода пара всѣ нерабочія паро- и водопроводныя трубы должны быть разобщены отъ изслѣдуемой трубы, ея холодильника и отъ обслуживающаго турбину котла, если измѣренія ведутся по котлу. Это лучше всего сдѣлать посредствомъ заглушекъ, которыя должны быть установлены по возможности ближе къ котлу, турбинѣ или холодильнику.

32) Вообще говоря, всѣ наблюденія и отчеты должны производиться не рѣже, чѣмъ каждыя двадцать минутъ; если во время испытаній можно ожидать быстрыхъ и значительныхъ колебаній въ нагрузкѣ или въ другихъ наблюдаемыхъ величинахъ, или же если необходимо получить особенно точные результаты, то рекомендуется производить всѣ отчеты еще чаще.

Въ протоколѣ испытанія слѣдуетъ указывать наряду со средними значеніями также и наибольшія и наименьшія значенія изъ наблюденныхъ величинъ.

33) Всѣ измѣрительные приборы и сосуды должны быть точно и надежно градуированы.

34) Въ протоколѣ испытанія должна быть указана конструкція установки и условія ея работы; это должно быть пояснено соответственными чертежами настолько подробно, чтобы можно было правильно судить о способѣ работы и результатахъ опытовъ. Въ частности при всестороннихъ испытаніяхъ эти указанія должны содержать слѣдующія данныя:

а) система *турбины* и условія ея работы: описаніе и чертежи ея главныхъ частей; число сопелъ, число ступеней давленій и скоростей; необходимые размеры;

б) среднее нормальное число оборотовъ; допускаемая колебанія сѣхъ;

в) давленіе и температура, при которыхъ должна работать *турбина* и наибольшее давленіе и температура, для котораго она построена;

г) работа (мощность), для которой гарантированъ расходъ пара, гарантированная наибольшая мощность и допускаемая продолжительность перегрузки;

д) конструкция и размѣры холодильника и его насосовъ; способъ приведенія въ дѣйствіе насосовъ; способъ полученія охлаждающей воды; длина и діаметръ паропроводныхъ трубъ;

е) обусловленная въ договорѣ температура и количество охлаждающей воды и соответствующій этимъ даннымъ вакуумъ;

ж) обусловленный въ договорѣ расходъ пара или электрической энергіи на вспомогательные механизмы;

з) система и поверхность нагрева обслуживающаго *турбину* парового котла и перегрѣвателя, способъ его питанія; расположеніе и величина водоотдѣлителей, длина и діаметръ паропроводныхъ трубъ.

(Пунктъ „з“ особенно важенъ при опредѣленіи расхода пара измѣреніями по котлу).

и) устройство смазочныхъ приборовъ;

і) расходъ воды на охлажденіе масла и температура ея при входѣ и выходѣ.

35) Передъ опытомъ надо проверить исправность установки. При измѣреніяхъ расхода пара по котлу особенное вниманіе надо обратить на плотность питательныхъ трубъ и паропроводовъ; при измѣреніяхъ же по поверхностному холодильнику—на плотность холодильника въ отношеніи пропускающаго внутрь его охлаждающей воды черезъ неплотности въ трубкахъ и изъ расширительнаго сальника паропроводной трубы. Для послѣдняго испытанія лучше всего, если возможно, до пуска въ ходъ *турбины* и послѣ остановки ея, пустить въ ходъ конденсационные насосы и убѣдиться, что изъ холодильника не откачивается охлаждающая вода. Въ случаѣ обнаруженія протечки холодильника, величина протечки принимается во вниманіе при вычисленіи расхода пара.

36) Испытаніе не должно начинаться раньше, чѣмъ въ *турбинѣ* и измѣрительныхъ приборахъ наступило установившееся въ отношеніи силъ и температуръ состояніе. Если опытъ продолжается при обычной заводской нагрузкѣ въ теченіе всего дня, то первый и послѣдній полчаса должны быть исключены изъ времени собственно опыта.

37) Давленіе пара, нагрузка *турбины*, температура перегрѣва и вакуумъ во время опыта должны поддерживаться по возможности неизмѣнными; въ случаѣ необходимости, равномерность нагрузки должна достигаться искусственнымъ путемъ (см. § 17).

38) Давленіе, температура и влажность рабочаго пара, имѣющія значеніе для оцѣнки *турбины*, должны по возможности измѣряться непосредственно передъ вступленіемъ въ то мѣсто, для котораго предполагается рассчитывать отдачу тепла паромъ *турбины*; при регулированіи торможеніемъ состояніе пара опредѣляется передъ регулирующимъ клапаномъ. Давленіе и температура отработавшаго пара опредѣляются въ выпускной трубѣ, непосредственно послѣ выхода изъ послѣдней ступени *турбины*.

Примѣчаніе. Опредѣленіе влажности пара при помощи дроссельныхъ калориметровъ, напр., Пибоди, даетъ достаточно правильные результаты при небольшой влажности пара (3—5%), но при этомъ рекомендуется брать пробу пара въ различныхъ точкахъ сѣченія струи, такъ какъ влажность пара можетъ быть неодинакова въ различныхъ точкахъ поперечнаго сѣченія струи. Несравненно лучше и надежнѣе позаботиться о хорошемъ осушеніи пара путемъ установки возможно ближе къ *турбинѣ* водоотдѣлителей достаточной величины, которые даютъ при нормальныхъ скоростяхъ практически почти сухой паръ (влажность менѣе 1/2%).

39) Точное опредѣленіе дѣйствительной (полезной) мощности возможно только при помощи тормоза или динамометра; основные размѣры и другія данныя прибора надо опредѣлить, если возможно, передъ опытомъ. Но этотъ способъ трудно выполнимъ при большихъ *турбинахъ* и поэтому примѣняется только въ исключительныхъ случаяхъ.

Если съ *турбиной* непосредственно соединить генераторъ электрическаго тока, то полезная работа *турбины* можетъ быть съ большимъ удобствомъ вычислена по нагрузкѣ генератора. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія генератора определяется по одному изъ методовъ, установленныхъ въ „Нормахъ для испытанія электрическихъ машинъ и трансформаторовъ“ Всероссійскихъ Электротехническихъ Съѣздовъ.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія ременной передачи, если онъ не оговоренъ въ контрактѣ, принимается равнымъ 96—97%.

Примѣчаніе. Иногда турбины подвергаются опытамъ торможенія на испытательной станціи завода. Тогда здѣсь можно точно опредѣлить, если это необходимо, полезную мощность машины, когда впередъ извѣстно, что этого нельзя сдѣлать на мѣстѣ окончательной установки.

44) Число оборотовъ *турбины* опредѣляется счетчикомъ, показанія котораго отмѣчаются черезъ опредѣленные промежутки времени, или непосредственнымъ отсчетомъ по тахометру, который долженъ быть предварительно провѣренъ.

45) Черезъ равные промежутки времени и во всякомъ случаѣ не рѣже, чѣмъ черезъ 20 минутъ должны быть отмѣчены: уровень воды и давленіе или въ котлѣ, или непосредственно послѣ перегрѣвателя (при измѣреніяхъ по котлу); давленіе и температура до и послѣ регулирующаго клапана въ паровыхъ турбинахъ, давленіе въ выпускной трубѣ и въ холодильникѣ; кромѣ того, температура и, если возможно, количество охлаждающей воды и температура вытекающаго изъ холодильника конденсата. Показаніе барометра и, въ случаѣ примѣненія градири, температуру и влажность воздуха слѣдуетъ отмѣчать нѣсколько разъ во время опыта и по меньшей мѣрѣ въ началѣ и концѣ его.

Примѣчаніе. Всѣ температуры слѣдуетъ измѣрять въ струѣ текучаго пара и избѣгать установокъ термометровъ въ мертвыхъ углахъ, гдѣ могутъ образовываться застои.

46) При измѣреніяхъ по котлу расходъ пара опредѣляется посредствомъ взвѣшивания воды, питающей котель, или другимъ надежнымъ способомъ, оговореннымъ въ договорѣ; въ послѣднемъ случаѣ измѣрительный приборъ долженъ быть проградуированъ взвѣшиваніемъ при температурѣ питательной воды.

Примѣчаніе. Незначительныя отклоненія въ уровнѣ воды и въ давленіи пара въ концѣ испытанія, если ихъ нельзя избѣжать, должны быть введены въ расчетъ по ихъ тепловой величинѣ, — соответственно давленіямъ въ началѣ и концѣ опыта. При этомъ надо обратить вниманіе на то, что если нельзя избѣжать поправки, то ихъ лучше относить къ уровню воды и особенно заботиться объ равенствѣ давленія въ началѣ и въ концѣ опыта.

Особеннаго вниманія въ этомъ отношеніи требуютъ къ себѣ водотрубные и другіе котлы съ сильно колеблющимся уровнемъ воды, въ которыхъ вследствие циркуляціи во время парообразования уровень воды кажется значительно выше действительнаго.

Питаніе котла должно производиться равномернo и, если возможно, непрерывно; если непрерывное питаніе невозможно, то слѣдуетъ избѣгать питанія въ теченіе 5 минутъ до начала испытанія и 5 минутъ до конца его.

Для питанія котла нежелательно примѣненіе паровыхъ насосовъ, которые получаютъ паръ изъ того же котла, какъ и испытываемая *турбина*, или отработавшій паръ которыхъ приходитъ въ непосредственное соприкосновеніе съ питательной водой (какъ, напр. въ инжекторахъ), даже если расходъ пара этого насоса можетъ быть точно опредѣленъ.

Вся вода, просачивающаяся въ мѣстахъ соединенія арматуры, а также выбрасываемая при продуваніи, должна быть тщательно собираема и принимаема въ расчетъ. Вода, конденсирующаяся въ паропроводѣ, должна быть собрана до вступленія ея въ *турбину* и должна быть вычтена изъ питательной воды. Вода, конденсирующаяся въ камерахъ паровой турбины относится къ расходу пара самой турбины и должна быть, по возможности, измѣрена отдѣльно въ каждомъ мѣстѣ выдѣленія.

Примѣчаніе. Приспособленія для собиранія конденсационной воды должны быть устроены такъ, чтобы были устранены потери ея черезъ испареніе въ воздухъ; для этой цѣли вода должна быть охлаждена въ этихъ приспособленіяхъ, по крайней мѣрѣ, до 40°.

47) Опредѣленіе расхода пара по поверхностному холодильнику производится измѣреніемъ охлажденнаго въ немъ пара путемъ взвѣшиванія конденсата или другимъ надежнымъ способомъ. Количество же воды, конденсирующей въ самой турбинѣ, должно быть опредѣлено, какъ указано въ предыдущемъ §.

Примѣчаніе. Несомнѣнно, что опредѣленіе расхода пара по поверхностному холодильнику даетъ гораздо болѣе точные и надежные результаты, чѣмъ измѣреніе его по количеству питательной воды; и самый опытъ въ этомъ случаѣ можетъ быть гораздо короче. Поэтому слѣдуетъ весьма рекомендовать пользоваться этимъ способомъ во всѣхъ случаяхъ, когда это только возможно.

48) Опредѣленіе расхода пара при посредствѣ паромѣровъ, градуированныхъ сопелъ и т. п., допускается лишь въ томъ случаѣ, если эти приборы надежно проградуированы непосредственно передъ опытомъ.

49) При изслѣдованіи условій движенія *турбины* могутъ быть опредѣлены:

а) число оборотовъ *турбины* при установившемся движеніи во время наибольшей, нормальной нагрузки и при холостомъ ходѣ;

б) колебанія угловой скорости при постоянной нагрузкѣ;

в) увеличеніе или уменьшеніе числа оборотовъ *турбины* при обусловленной внезапной или постепенной нагрузкѣ и разгрузкѣ *турбины*, при этомъ отмѣчаются наибольшія, наименьшія и установившіяся показанія тахометра, если при опытѣ не примѣняется регистрирующий тахографъ, а также и время, по истеченіи котораго турбина пришла въ установившееся состояніе.

Примѣчаніе. Эти измѣренія могутъ быть произведены при помощи прибора въ родѣ тахографа Горна.

г) предѣльное число оборотовъ, при которомъ начинаетъ дѣйствовать регуляторъ безопасности. Этотъ опытъ производится при выключенномъ главномъ регуляторѣ и потому требуетъ особой осторожности.

Выборъ приборовъ.

Желая облегчить подборъ измѣрительныхъ приборовъ для установленія надлежащаго контроля за работой паровыхъ установокъ, авторъ рѣшилъ дать въ таблицѣ 17 списокъ болѣе извѣстныхъ фирмъ, поставляющихъ измѣрительные приборы.

На практикѣ при выборѣ соотв. прибора часто приходится считаться съ его стоимостью, поэтому слѣдующая таблица 18, въ которой указано, отъ какихъ фирмъ соотв. приборъ можетъ быть полученъ, дополнена указаніемъ среднихъ, приблизительныхъ цѣвъ для предварительныхъ соображеній. Болѣе подробныя и точныя свѣдѣнія каждый можетъ получить, запросивъ ихъ или каталогъ отъ соотв. фирмы.

Таблица 17.

№ по порядку	названіе фирмъ	адресъ	предста- вители въ Россіи №
1	AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft	Berlin N. W. 40, Friedrich Karl-Ufer 2/4.	75
2	Alig & Baumgärtel, Werkzeugfabrik	Aschaffenburg.	—
3	Amsler, Gebrüder,	Schaffhausen, Schweiz.	—
4	Baer & Co, Henri,	Zürich I., Schweiz.	—
5	Bolte, Otto,	Hamburg 19, Bismarckstr. 50.	—
6	Boston Talking Machine Co.,	Boston (Mass.) U. S. A.	—
7	Brady & Martin, Ltd.	Newcastle-upon-Tyne, Northumberland-road, England.	—
8	Braun & Co., Paul,	Berlin N. 112, Seelowerstr. 6.	—
9	Bretagnes, Usines de,	Nantes, France.	—
10	Bristol Company	Waterbury, Conn., U. S. A.	—
11	Cambridge Scientific Instrument Co, Ltd.	Cambridge, Carlyle Road, England.	—
12	Chemische Fabrik Rhenania, A.-G.	Aachen.	76
13	Deuta-Werke, G. m. b. H.	Berlin SO. 26, Oranienstr. 25.	94
14	Deutsche Rota-Werke, G. m. b. H.	Aachen.	—
15	Deyrolle, Les fils d'Emile,	Paris, 46, rue du Bac, France.	—
16	Dobbie Mc. Innes, Ltd.	Glasgow, 57 Bothwell Street, England.	—
17	Dreyer, Rosenkranz & Droop, G. m. b. H.	Hannover, Leisewitzstr. 4.	—
18	Eckardt, J. C.,	Stuttgart-Canstatt, Pragstr. 72/74.	72
19	Edgecombe, F. T.,	Dumbarton, Kirklea, Cardross Road, England.	—
20	Farbenfabriken vorm. Friedr Bayer & Co.,	Leverkusen b. Mülheim (Rhein).	—
21	Felten- & Guillaume-Lahmeyerwerke, A.-G.	Frankfurt a.M.	—
22	Garwens, W., Commandit-Ges. für Maschinen-Fabrikation	Wülfel vor Hannover.	—
23	Gehre-Dampfmesser-G. m. b. H.	Berlin N. 31, Brunnenstr. 156.	82
24	Goessmann, Arthur,	Berlin-Britz.	—
25	Grefe, Maschinenfabrik, Ludwig,	Lüdenscheid i. W.	—
26	Hallwachs & Co., G. m. b. H.	Burbach Saarbrücken.	80
27	Hartmann & Braun, A.-G.,	Frankfurt a.M.	84
28	Heenan & Froude, Ltd.,	Worcester, England.	73
29	Heraeus, W. C., G. m. b. H.	Hanau (Main).	85
30	Homann, Hans,	Jena, Karl-Zeissstr. 12.	—
31	Hommel, H., G. m. b. H.	Mainz.	—
32	Horn, Dr. Th.,	Leipzig-Grosszschocher.	—
33	Hugershoff, Franz, Junkers & Co.	Leipzig, Carolinenstr. 13. Dessau.	72 93

№ по порядку	название фирмы	адресъ	предста- вители въ Россіи №
35a	Blohm u. Voss, Schiffswerft	Hamburg-Steinwärder.	—
35	Kegler, Emil, Wassermesserfabrik	Düsseldorf-Eller.	—
36	Keiser & Schmidt,	Charlottenburg 2, Charlottenburger Ufer 53/54.	—
37	Kelvin & James White, Ltd.,	Glasgow, England.	—
38	Krupp, Friedr., A.-G., Germaniawerft	Kiel-Gaarden,	73
39	Laird & Co., Ltd.	Camell, England.	—
40	Mailhak, H., A.-G.	Hamburg 39, Geibelstr. 54.	82
41	Munro, R. M.,	London, South Tottenham N, 103 Corn- wallroad, England.	—
42	Negretti & Zambra	London, 38 Holborn Viaduct E. C., England.	—
43	Nestler, Albert, Massstabfabrik	Lahr (Baden).	—
44	Neumann, F. A.	Eschweiler, Kr. Aachen.	—
45	Peerboom & Schürmann	Düsseldorf, Hoffeldstr. 88.	—
46	Polikeit, Paul, Institut für Präcisions- mechanik	Halle a. S.	—
47	Reichling & Co., Robert,	Dortmund u. Königshof bei Krefeld.	—
48	Rheinische Tachometerbau-Ges. m. b. H.	Freiburg (Baden).	—
49	Richard, Succ-r, Jules,	Paris, rue Mélingue 25, France.	—
50	Schäffer & Budenberg, G. m. b. H.	Magdeburg-Buckau.	92
51	Schenck, Carl, G. m. b. H., Maschinenf.	Darmstadt, Landwehrstr. 55.	—
52	Schilde, Benno, Maschinenfabrik	Hersfeld (H.-N.)	—
53	Schuchardt & Schütte,	Berlin C., Spandauerstr. 59/63.	95
54	Schultze, G., A.,	Berlin-Charlottenburg.	—
55	Schumacher, W-we Joh., G. m. b. H., Maschinenfabrik	Köln (Rhein), Bayenstr. 57.	—
56	Siebert & Kühn, Dr.,	Cassel.	85
57	Siemens Brothers, Ltd.	London, Caxton House, Westminster, S. W., England.	87
58	Siemens & Co., Gebrüder,	Charlottenburg.	87
59	Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk,	Berlin-Nonnendamm.	77, 83, 90
60	Sommer & Runge,	Berlin SW.	—
61	Steinle & Hartung, Maschinenfabrik	Quedlinburg.	—
62	Spindler & Hoyer	Göttingen.	—
63	Steinmüller, L. u. C., Dampfkessel- fabrik	Gummersbach (Rhld.).	76
64	Sulzer, Gebrüder,	Winterthur, Schweiz.	—
65	Suyehiro, Dr. K.,	Tokey, Imperial University, Japan.	—
66	Thoren, J.,	Charlottenburg 4, Goethepark.	—
67	Vereinigte Fabriken für Laboratori- umsbedarf, G. m. b. H.	Berlin N., Scharnhorststr. 22.	83
68	Vulkan-Werke, A.-G.	Hamburg; Stettin.	—
69	Westinghouse Co.	Pittsburgh (Pa.), U. S. A.	79
70	Weston Electrical Instrument Co.	Berlin, Schoeneberg, Geneststr. 5,	—
71	Wichmann, Gebrüder,	Berlin NW. 6, Karlstr. 13.	—
№ по порядку	название фирмъ	адресъ	представ. иностран. фирмъ №
72	Брандъ и К ^о , т. д.,	Москва, Мясницкая 13.	18
73	Веберъ и К ^о , Ф., т. д.	Москва, Варварка 11.	28, 38
74	Вортингтонъ, К ^о насосовъ,	С.-Петербургъ, Кирпичный пер. 1; Москва, Мясницкая д. Кабанова.	—
75	В. К. Э.-Всеобщая Компания Электри- чества	Москва, Лубянский проездъ д. Стахѣва.	1
76	Гильгеръ, Отто,	Москва, Мясницкая 24.	12, 63
77	Гугерсгофъ, Фравцъ, Акц. О-во,	Москва, Срѣтенка 10.	33, 60

№ по порядку	название фирмъ	адресъ	представ. иностр. фирмъ №
78	Дангауеръ и Кайзеръ,	Москва, Мясницкая 24.	—
79	„Дивамо“, Русское Электр. О-во,	С.-Петербургъ, Фонтанка 86;	69
80	Кнопъ, Л., т. д.	Москва Мясницкая 13.	26
81	Краминскій, А.,	Москва, у Ильинскихъ воротъ, д. Купе-	—
82	Лангензишпенъ и К ^о , Акц. О-во,	чесскаго Банка.	23, 40
83	Лунцъ, д-ръ О. Г.,	С.-Петербургъ, Кронверскій пр. 77/79.	60, 67
84	Неезе, Ф. Н.,	С.-Петербургъ, Каменноостровскій пр. 11;	27
85	Никерсгиль и К ^о , П. А., т. д.	Москва, Мясницкая 3.	29, 56
86	Плущевскаго, Н-ки Л. И.,	С.-Петербургъ, Казанская 6.	—
87	Сименсъ и Гальске, Акц. О-во.	С.-Петербургъ, М. Канюшенная 12.	57, 58, 59
88	Технико-Промышленное Бюро	Москва, Средние Торговые Ряды 178/179.	40
89	Трексъ, Г. А.,	Москва, Чистопрудный бульваръ 10.	—
90	Триндиди С-вья, Е. С.,	С.-Петербургъ, Англійская наб. 10.	60
91	Франценъ, механикъ,	Томскъ, набер. Ушайки.	—
92	Шефферъ и Буденбергъ,	С.-Петербургъ, Галерная 8.	51
93	Ширленъ, К. Г.,	Москва, Лубянка с. д.	34
94	Шмидъ, Н. С.,	С.-Петербургъ, В. О., физическая лабора-	13
95	Шухардтъ и Шютте,	раторія университета.	54
96	Эрихсонъ, Р.,	Москва, Милютинскій пер. 3.	—
		С.-Петербургъ, Караванная 18.	
		С.-Петербургъ, Каменноостровскій пр. 57.	
		С.-Петербургъ, Невскій пр. 11.	
		Москва, Мясницкая 20; Иваново-Возне-	
		сенскъ, Николаевская ул. д. Соколова;	
		С.-Петербургъ, Невскій пр. 92;	
		Харьковъ, Донецъ-Захаржевская 5.	

Таблица 18.

название прибора	указанъ		стоимость руб.	№№ фирмъ изъ таблицы 17
	стр.	черт.		
Ручной счетчикъ оборотовъ съ червякомъ . . .	1	1	4 : 6	2, 4, 16, 17, 40, 45, 49,
„ „ „ „ цѣвочн. колесами . . .	2, 4	3—6	7 : 16	50, 53, 82, 88, 92, 95
Тахомомъ	2	2	48	16, 17, 40, 45, 50, 53,
„ съ циферблатами, располож. рядомъ . . .	3	—	75	82, 88, 92, 95
Секундомѣръ	3	—	20 ÷ 40	40, 82, 93,
Счетчикъ оборотовъ, соединени. съ тахометромъ . . .	5	7	80 ÷ 120	53, 82, 95
Тахометръ съ грузами (маятниками)	7	8—9	50 ÷ 90	40, 53, 82, 95
„ „ „ „ „ Омузда	8	10—12	40 ÷ 135	13, 32, 40, 45, 53, 94
„ „ „ „ „	8	13	40—100	4, 13, 32, 45, 48, 53, 94
Бифлюидъ-тахометры	9—10	16—17	50 ÷ 90	50, 82, 92
Тахометръ съ давленіемъ масла	11	18—19	по особой смѣтѣ	4
„ магнитно-электрическій	12	20	45 ÷ 75	48
„ электрическій	13	—	300—350	64
Резонансъ-тахометръ	13	25	40	13, 50, 92, 94
„ съ передачей на разстояніе	14	26—29	60 ÷ 150	32, 59, 87
„ „ „ „ „	16	30	55 ÷ 70	59, 87
„ „ „ „ „	16	31—32	100 ÷ 200	59, 87
Ручной тахометръ съ маятниками	19	33	30 ÷ 65	27, 59, 84, 87
„ „ „ „ „	20	34—35	45 ÷ 65	13, 32, 40, 45, 48, 50,
„ „ „ „ „	21	36	40 : 80	53, 82, 92, 94, 95
				45
				32

названіе прибора	указанъ		стоимость руб.	№№ фирмъ изъ таблицы 17
	стр.	черт.		
Паромѣръ Юнкерса	—	—	по особой смѣтѣ	34, 93
Водомѣръ съ вертущкой Вольтмана	188	276		59, 86, 87
„ „ скоростный Сименсъ и Гальске	189	277	3 ÷ 2 р./м. ³ ч.	59, 86, 87
Водомѣръ скоростный Дрейеръ, Розенкранцъ и Дроолъ	190	278—280	3,3 ÷ 0,3 р./м. ³ ч.	17, 82, 86
Водомѣръ Вентури	—	—	по особой смѣтѣ	1, 59, 75, 86, 87
Приборъ Людвигъ Грече	191	281	„	25
„Рота“-измѣритель	192	—	„	14, 44
Першневой водомѣръ Кеннеди	192	282—283	0,07 ÷ 0,02 р./л.ч.	18, 72
„ „ Шмидта	192	284—287	0,12 ÷ 0,03 р./л.ч.	35
„ „ Фраже	—	—	0,03 ÷ 0,012 „	86
Дисковые водомѣры	194	288	0,014—0,006 „	59, 86, 87
Открытый водомѣръ Рейхлинга	195	289	по особой смѣтѣ	47
„ „ Шильде	196	—	0,16 ÷ 0,02 р. л.ч.	52
„ „ Торевъ	196	290	0,16 ÷ 0,02 „	66
„ „ Экардта	197	291	0,16 ÷ 0,02 „	18, 72
Открытый водомѣръ Экардта съ качающимися баками до 2700 лтр./ч.	198	292—293	0,16 ÷ 0,03 „	18, 72
Открытый водомѣръ Лейнерта съ качающимися баками	198	294—295	0,8 ÷ 0,4 р./лтр.ч.	78
Открытый водомѣръ Штейнмюллера съ качаю- щимися баками	199	296—301	0,8 ÷ 0,2 „	63, 76
Открытый водомѣръ бр. Сименсъ для горячей воды	201	302—303	0,4 ÷ 0,12 лтр. съ размыра	58, 86, 87
Вѣсы—десятичные, сороковые и т. п.	203	—	по особой смѣтѣ	22, 51
Водомѣръ-данаида Зульцеръ	212	317—318	1 : 4	64
Арсометры	219	—	3 ÷ 8	33, 56, 77, 85, 90
Пикнометръ	219	319		15, 30, 33, 56, 67, 77, 83, 85
Колба эрленмейерская	221	320	2 ÷ 4	33, 67, 72, 77, 83, 85, 90
Вюретка для опредѣленія содержанія въ маслѣ кислоты	221	321	6 : 8	33, 67, 77, 83, 90
Вѣсы химическіе, тигли, горѣлки и проч. при- боры для химическ. и физическ. измѣреній.	219—222	—	—	11, 15, 33, 56, 67, 77, 83, 85, 90
Приборъ простой для опредѣленія температуры вспышки масла	222	322	10 : 20	33, 67, 77, 83, 90
Приборъ Маркусса для опредѣленія температ. вспышки масла	223	323—324	30	33, 60, 67, 77, 83, 90
Приборъ Пенскаго-Мартенса для опредѣленія температ. вспышки масла	224	325	60	33, 60, 67, 77, 83, 90
Приборъ для испытанія масла на холодъ	225	326—327	10—15	33, 67, 77, 83, 90
Вискозиметръ Энглера	226	328	45 : 62	33, 60, 67, 77, 83, 90
Приборъ Вилькенса для испытанія масла	227	329—330	по особой смѣтѣ	1, 67, 75, 83, 90
„ Деттмара „ „ „ „	229	331—332	175—248	21, 33, 67, 77, 83
Дериваторъ Вагенера	254	343	по особому заказу	17
Микрометръ	262	—	2 ÷ 20	11, 53, 95
Приборъ для измѣренія малыхъ зазоровъ	262	—	2 ÷ 5	53, 95
Сейсмографъ съ маятниками	263	349	350 ÷ 1000	15, 41, 61
Вибрографъ (приборъ ртутью бр. Сименсъ).	264	—	по запросу	57, 87
Диаграммный барабанъ для прибора Голицына	265	—	200 ÷ 350	11, 15, 41, 46, 49, 61
Приборъ (сейсмографъ) Грунмаха	266	351	по заказу	11, 46, 49, 61
Детекторфонъ	268	352	80	6, 24
Приборъ Бальтэ	268	353	3 ÷ 5	5
Счетныя линейки прѣстны (25 см.)	280	—	3 ÷ 6	43, 71
„ „ точныя (50 см.)	280	—	12 ÷ 25	43, 71
„ „ „прецізійны“ (25 см.)	280	—	7 ÷ 9	43

Предметный и именной указатель.

- Аахенское** о-во надзора за паровыми котлами 181.
- Аккумуляторные** элементы для термом.-сопротивлений 124, 128.
- Амслеръ-Лаффонъ**, индикаторы крученія 74—76.
- „Аніо-Мару“**, индикаторъ крученія 82.
- Асфальтъ**, содержаніе въ смазочномъ маслѣ 222.
- Аугсбургско-Нюрнбергскій** заводъ, турбины 32, 285, 287.
- Балансъ** тепловой, турбины 295;—холодильника 310.
- Бандажное** закрытіе, вліяніе на работу пара 271;—испытаніе матеріала 272.
- Банки**, опыты 271.
- Баровакууметры** 146, 149.
- Барометры** 167;—Краевича 167;—укороченный (вакууметръ) 148—149.
- Барусъ**, калориметръ 173.
- Бато** 270.
- Бахъ**, повѣрка манометровъ 152.
- Бейеръ и К-ія**, паромѣръ 179.
- Бендеманнъ**, водоотдѣлитель для паромѣровъ 186.
- Беттхеръ**, показатель нагрузки 96—98.
- Бифаундъ-тахометръ** 9.
- Блэсъ** 270.
- Больтэ**, стетоскопъ 268.
- Бочечный** калориметръ 169.
- Браунъ**, термометры-сопротивленія 124—125.
- Браунъ-Бовери** 30, 186, 233, 283, 284, 287, 289.
- Браунъ-Кертисъ** 284, 287.
- Брилингъ** 270, 271.
- Бристоль**, компенсаторъ для термоэлементовъ 114.
- Брзди и Мартинъ**, кинетометръ 148.
- Бурдонъ**, манометръ 135, 161.
- Бэвисъ-Джибсонъ**, индикаторы крученія 71—74.
- Бюхнеръ** 270.
- Вагенеръ**, индикаторъ 159;—дериваторъ 254.
- Вакууметры** 144—150: —металлическіе 144—146;—ртутные 147—150;—присоединеніе 150;—повѣрка 155—156.
- Ванцель и Сэнь-Венанъ** 236.
- Ваткинсонъ** 270.
- Вбрызгивающій** холодильникъ, опредѣленіе расхода пара 217.
- Введеніе** термометровъ 100—101.
- Величина** зазоровъ у турбинъ, измѣреніе 261.
- Вентиляціонное** сопротивленіе 271.
- Вентури**, водомѣръ 306.
- Вестингаузъ**, водяной тормозъ 61—62.
- Вестингаузъ-Парсонсъ** 283, 284, 287, 290.
- Взятіе** пробы пара 170—172, 304.
- Виллансъ и Робинсонъ** 272.
- Вилькенсъ**, приборъ для испытанія масла 227.
- Вискозиметръ** 226.
- Включатели** 118—119.
- В. К. Э.** (Всеобщая Компания Электричества) 31, 33, 228, 233, 235, 272, 273, 295.
- Влажность** пара, измѣреніе 168—177; 304; вліяніе на расходъ 283, 287.
- Вліяніе** давленія на ртутный термометръ 103—104.
- Вода**, расходъ при поглощеніи работы 41;—измѣреніе температуры 132—133.
- Водомѣры** 187—202:—скоростные 188—192;—**Вентури** 306; **Вельтмана** 188;—**Сименсъ и Гальске** 189, 194;—**Дрейеръ**, **Розенкранцъ** и **Дроопъ** 190;—**Грефе** 191;—**Рота** 192;—**Зульцера** 212;—поршневые 192—194;—**Кеннеди** 192;—**Шмида** 192;—**Томсона** (дисковые) 194;—открытые 195;—неподвижными баками 195;—**Рейхлинга** 195;—**Шильде** 196;—**Торенъ** 196;—**Экардта** 197, 198;—съ качающимися баками 198—201;—**Лейнерта** 198;—**Штейнмюллера** 199;—**бр. Сименсъ** 201;—повѣрка—202.

- Водяной прессъ для провѣрки манометровъ 152.
- Водяныя сопротивленія нагрузочныя 39.
- Водяные тормоза 47—62.
- Воздухъ, работа тренія 76; измѣреніе количества—, поступающаго въ холодильникъ 238.
- Вольтманъ**, вертушка-водоѣмъ 188.
- Вращеніе турбины замедленное, опыты 246;—отъ динамо 251;—ускоренное для опредѣленія момента инерціи 256. 257.
- Всплывка, температура—масла 222—225.
- Вулканъ** 273, 300.
- Выборъ барометра 167;—водоѣма 195, 213;—индикатора крученія 71, 82, 96;—калориметра влажности пара 177;—манометра 161—162;—способа измѣренія расхода пара 213, 218;—способа измѣренія конденсата 216;—способа измѣренія охлаждающей воды 218;—смазочнаго масла 219, 220, 222, 225, 226, 231;—тахометра 16—17;—термометра 128—129;—термопары 106—107.
- Гакса** (измѣрители давленія) 143—144; 150.
- Гальваксъ и К-ія** 143, 150, 184.
- Гарднеръ**, индикаторъ крученія 84.
- Гари-Кэмингсъ**, индикаторъ крученія 70.
- Гартманъ и Браунъ**, тахометръ 16; милливольтметръ 116;—самозанимающийся милливольтметръ 118;—термометры-сопротивленія 125.
- „Гелиополисъ“**, индикаторъ крученія 96.
- Гензекъ** 271, 272.
- Геръ**, паромѣръ 181, 186.
- Геркенъ** 284, 285, 286.
- Герэусъ**, термометры-сопротивленія 126.
- Гипсометръ** 168.
- Гипсериновый прессъ для вывѣрки манометровъ 154.
- Голицынъ** 265.
- Гопкинсонъ**, модуль упругости 63.
- Гопкинсонъ-Срингъ**, индикаторъ крученія 76—78.
- Горнь**, тахографъ 25, 251;—ручной тахометръ 21.
- Грамбергъ** 177, 271, 272.
- Графическій способъ приведенія расхода пара къ нормальнымъ условіямъ 286;—изображенія результатовъ 295—297.
- Грефе**, водоѣмъ 191.
- Грунмахъ**, сейсмографъ 266.
- Грязеуловитель **Фогта** для манометровъ 140.
- Густѣніе масла на холодѣ 225.
- Гутермутъ** 270, 273.
- Давленіе, вліяніе на ртутный термометръ 103—104;—измѣреніе 133—168;—измѣреніе—у турбинъ 161—166;—смазки 232;—осевое 260, 311;—на начальное, вліяніе на расходъ пара 283, 287;—въ холодильнике, вліяніе на расходъ пара 284, 287.
- Дальке и Надровскій** 272.
- Даналлы 203; 207—212; 307.
- Движеніе пара по сопламъ 270;—по направляющимъ приборамъ 271;—по рабочимъ лопаткамъ 271.
- Делапсрть** 270, 272.
- Донни-Джонсонъ**, индикаторы крученія 82—84, 96.
- Денни-Джонсонъ**, индикаторы крученія 69—70.
- Дериваторъ **Вагенера** 254.
- Детали турбинъ, испытаніе 272.
- Детекторфонъ 268.
- Джибсонъ**, калибровка индикаторовъ крученія 94—95.
- Джибсонъ-Бэвисъ**, индикаторы крученія 71—74.
- Джонсонъ**, индикаторъ крученія 89—93.
- Джонсонъ-Денни**, индикаторъ крученія 82—84; 96.
- Дженъ и Броунъ** 273.
- Динамометры крученія 62—96.
- Динамо, моментъ сопротивленія вращенію 247.
- Дисковые водоѣмъ 194.
- Дифференціальная кривая $\frac{dn}{dt}$ 252.
- Дифференціальныи манометръ 141, 235.
- Диффузоры у турбинъ, опыты 272.
- Диаграмма давленій, образцы 165—166; **I—S Мэлліэ** 216, 292, 295;—тепловая **T—S** 244, 295;—**Санкея** 295.
- Диафрагмы, измѣреніе расхода пара 178, 305—306.
- Добби и Макъ-Иннесъ**, индикаторъ 160.
- Дрейеръ, Розенкранцъ и Дроопъ**, манометръ съ мембраной 135;—пружинный

- манометръ 136;—контрольный манометръ 137; — котелокъ для проверки манометровъ 153; — индикаторъ 156;—образецъ диаграммы 165; водомѣръ 190.
- Дроссель-калориметры 172—175, 304.
- Дроссель-калориметры 172—175.
- Дѣйствительная работа, опредѣленіе 34; —измѣреніе тормозомъ 41, 48;—измѣреніе по моменту крученія 63.
- Дюкомэ манометръ 134.
- Желѣзо-константанъ, термопара 106.
- Жиръ, содержаніе въ маслѣ 222.
- Журналы испытаній, образцы 274—279, 297.
- Заводскія лабораторіи 273.
- Зазоры у турбинъ, измѣреніе 261, 262.
- Замедленное вращеніе, опыты 246.
- Запись давленія у турбинъ 165.
- Запорный паръ, утечка 235.
- Зендтнеръ, заборъ пара 171;—дроссель-калориметръ 174.
- Зеркальная линейка 252.
- Зингеръ 288.
- Зола въ маслѣ 221.
- Зульцеръ, тахометръ 10;—, тахограмма съ турбины 33;—водомѣръ 212; —, зазоры въ турбинѣ 262; —, опыты съ турбиной 273; —, журналъ испытанія турбины 297.
- Измѣреніе давленій 133—168;—у турбинъ 161—166.
- величины зазоровъ у турбинъ 261, 262.
- расхода пара 177—187, 235, 305—306, 307, 310.
- температуръ 98—133;—у турбинъ 128—133; —пара 128—132; —точность 129;—вліяніе выступа (мѣстнаго перегрѣва) 129.
- сотрясеній 263—268;—, передаваемыхъ воздухомъ 269.
- электрической энергіи 35—37.
- Изоляція проволоки термоэлемента 111.
- Исслѣдованія турбинъ научно-техническія 269—273.
- Индикаторная работа 34, 35.
- Индикаторы 156; —Вагенера 159; —Дрейеръ, Розенкранцъ и Дросль 156; —Добби, Макъ-Иннесъ 160.
- Индикаторы крученія 62—96; —механическіе 64—70; — Гари-Кемингсъ 70;—Денни-Эджкомбъ 69—70;—Колли 64—65;—самозаписывающіе 66—69;—Феттингера 65—69, 303;—оптическіе 71—82;—Амслеръ-Лаффонъ 74—76;—Бевисъ-Джибсонъ 71—74, 96; —Гопкинсонъ-Срингъ 76—78, 96; —электрическіе 82—93;—Гарднера 84; —Денни-Джонсона 82—84, 96; —Джонсона 89—93; Люксъ 86—89;—Рамбаль 84—86; —калибровка и проверка 93—96.
- Инерція, моментъ—нахожденіе 255.
- „Инфлексибл“, индикаторъ крученія 96.
- Исправленіе записей 280.
- Испытаніе матеріаловъ и деталей турбинъ 272.
- турбинъ 272—273;—начало 273;—продолжительность 274.
- Источники ошибокъ при пользованіи термометрами-сопротивленіями 122—124.
- Юссе 132, 204, 238, 271, 272, 284.
- „Каиръ“, индикаторъ крученія 96.
- Калибровка индикаторовъ крученія 93—95.
- Каллендаръ, сопротивленіе платины 119; —компенсационная пелля 123.
- Калориметры 169—177;—Баруса 173;—бочечный 169;—водоотдѣлитель 175—177; —Зендтнера 174;—Карпентера 175;—Стоттъ и Пиготтъ 304;—холодильникъ 169;—поправки на лученосканіе и др. 174, 176 и 305; сравненіе 177.
- Каммереръ, измѣреніе конденсата турбины 205.
- „Карманія“ — приборъ для измѣренія давленія 163.
- Карпентеръ, калориметръ 175.
- Качаніе, опредѣленіе момента инерціи 255.
- Кеглеръ, водомѣръ 192.
- Кейзеръ и Шмидтъ, термоэлементъ 112—113;—компенсаторъ Шварца 114—115;—милливольтметръ 115.
- Кембл 270.
- Кеммингсъ-Гари, индикаторъ крученія 70.

- Кеннеди**, воломѣрь 192.
Кертисъ, турбина 262, 273, 283, 284, 291.
 Кинотометръ 148.
 Кислоты, содержаніе минеральныхъ въ маслѣ 220:—органическія въ маслѣ 220, 221, 222.
Колли, индикаторъ крученія 64—65.
 Компенсаторъ **Бристоля** 114.
 Компенсаціонная петля **Каллендара** 123.
 Компенсаціонное приспособленіе **Шварца** 114—115.
 Компенсаціонное соединеніе термоэлементовъ 107—108.
 Конденсатъ, измѣреніе 201, 204, 205, 216, 307—309.
 Константанъ 13, 38, 43, 106.
 Конструкція термоэлементовъ 110: — термометровъ-сопротивленій 124—182.
 Контрольные манометры 136—137.
 Котелки паровые для прои́звѣрки манометровъ 152—154:—**Баха** 152—153;—**Дрейеръ**, **Розенкранцъ** и **Дроопъ** 153—154.
 Коэффициентъ истеченія воды 207: — пара сквозь тонкія діафрагмы 306.
 — тренія дерева по чугу́ну 45;—масла 227—232.
Краевичъ, барометръ 167.
 Кранъ для присоединенія нѣсколькихъ манометровъ 162.
 Кривая n обор./мин. 251.
 — $\frac{dn}{dt}$ (ускореній) 252.
 Критика записей 280.
 Крученія, уголь, модуль 62;—индикаторы 62—96.
Кэмбриджская К-ія Научныхъ Приборовъ, милливольтметръ 117;—термометры-сопротивленія 127—128.
Кэпсель, способъ 120;—приборъ 124.
 Лабиринты, утечка пара 235, 237, 272.
 Лабораторіи, заводскія 273;—**Шарлоттенбургскаго Политехникума** 235, 243.
Лаваль турбина 14, 29, 30, 43, 45, 46, 268, 271, 272, 284, 287, 291.
 Лампы накаливанія, нагрузочное сопротивленіе изъ—37.
Лаше 272.
Левицкій 270, 271, 272.
Лезель 284, 285.
Лейнерта воломѣрь 198.
 Ленточный тормозъ 45—47.
Ливиттъ, тормозъ (по ошибкѣ напечатано Ольдентъ) 51.
 Линейка зеркальная 252.
 „ „ счетная 280.
 Лопатки турбинъ, движеніе пара 271;—вліяніе шага 271.
Лошге 271, 273.
 „**Лузитанія**“ индикаторъ крученія 96.
 Лучеиспусканіе, потеря тепла 242;—поправки въ калориметрахъ 174, 176, 305.
Люксъ, индикаторъ крученія 86—89.
 Магнитно-электрическіе тахометры 12.
 Манганинъ 13, 38, 43.
 Мано-вакууметръ 144—146.
 Манометры металлическіе 133—141;—контрольные 136—137; —самозаписывающіе 138, 143; —присоединенія 139—141: —ртутные 141—144;—дифференціальныя 143; —про́вѣрка 150—155.
Маргерръ 271, 273, 294.
Маркусонъ, приборъ для опредѣленія температуры вспышки масла 223.
Мартенсъ-Пенскій, приборъ для опредѣленія температуры вспышки масла 224.
 Масло (смазка), основныя требованія 218;—удѣльный вѣсъ 219;—содержаніе кислотъ 220;—смолистыя примѣси 221;—содержаніе золы 221;—температура вспышки 222;—густѣніе на холодъ 225;—вязкость 226, 229; —коэффициентъ тренія 227—232.
 Матеріалы для турбинъ, испытаніе 272.
Мато, приборъ 160, 161.
Мельмсъ и Пфеннингеръ, турбина 272, 292, 297.
 Металлическіе вакууметры 144—146.
 — манометры 133—141.
 — нагрузочныя сопротивленія 38.
 Механическіе индикаторы крученія 64—70.
 — отдача 234, 250.
 — потери, измѣреніе 245.
 Милливольтметры 115—118: —**Гартманнъ и Браунъ** 116;—**Кейзеръ и Шмидтъ** 115: —**Кэмбриджской К-іи Научныхъ Приборовъ** 117;—самозаписывающіе 117—118: —**Сименсъ и Гальске** 115—116.

- Минеральныя кислоты, содержаніе въ маслѣ 220.
- Модуль упругости крученія стальныхъ валовъ 63.
- Мойеръ** 283, 284.
- Моллізъ** 215, 216, 292, 295.
- Моментъ инерціи, нахожденіе 255; — способомъ качанія 255; — способомъ ускореннаго вращенія 256.
- сопротивленій, механическихъ 246—251; — разбивка 247; — вращенія динамо 247; — тренія щетокъ 247.
- тренія по кою турбины 259.
- троганія турбины 260.
- Мостикъ **Уитстона** для термометровъ-сопротивленій 127.
- Мѣль-константъ, термонара 106.
- Наборъ для термоэлемента по нулевому способу 117.
- **Уипплъ** для термометровъ-сопротивленій 127.
- Нагрузка, вліяніе на расходъ пара 288; — учесть вліянія 291.
- показатель **Беттхера** 96—98.
- поправка манометровъ 154.
- Нагрузочныя сопротивленія 37—43.
- Надровскій и Дальке** 272.
- Направляющій приборъ, движеніе пара 271.
- Науманъ**, баровакууметръ 146.
- Научно-техническія изслѣдованія турбинъ 269—273.
- Нахожденіе поправокъ къ расходу пара *D* 287.
- Нахожденіе среднихъ величинъ 279; — точности 280.
- Начальное давленіе пара, вліяніе на расходъ пара 283, 287.
- Негретти и Замбра**, баровакууметръ 149.
- Неплотности парового котла; измѣреніе 309.
- поверхностнаго холодильника 217.
- Нормальныя условія работы пара 287.
- Нулевой способъ измѣренія термоэлементами 107—108; — термометрами-сопротивленіями 121.
- Нуль шкалы индикаторовъ крученія 95—96.
- Обработка опытнаго матеріала 279.
- Образцы діаграммъ давленія 165—166.
- журналовъ испытаній турбинъ 298—299,
- тахограммъ турбинъ 29—33.
- Обращеніе съ тахометрами 18.
- съ термометрами 100—102.
- Объемные способы измѣренія воды 204.
- Ольденъ**, тормозъ 300.
- Омундъ**, тахометръ 8.
- Оправки термоэлементовъ 111—113.
- Оптические индикаторы 71—82.
- Опыты съ вращеніемъ, замедленнымъ 246; — ускореннымъ 256.
- Органическія кислоты, содержаніе въ маслѣ 220, 221, 222.
- Осевое давленіе 260; — измѣреніе 261; — отъ гребного винта, измѣреніе 311; — утечка пара черезъ разгрузочныя поршни 238, 239.
- Осциллограмма 33.
- Отверстія **Понселэ** 207, 218, 274, 277, 309.
- Отдачи, вычисленіе 292.
- Открытые водомѣры 195.
- Открытый тигель, способъ опредѣленія температуры вскипѣнія масла 222.
- Относительная потеря на лучеспусканіе 274.
- Отчеты при испытаніи турбины 273; — начало 273; — промежутки между 274.
- Охлаждающая вода, вліяніе температуры на расходъ пара 285; — расходъ при торможеніи 41, 46, 49.
- Ошибки, при пользованіи термометрами-сопротивленіями 122—124.
- среднія измѣреній 280.
- Паровые котелки для поправки манометровъ 152—154.
- Паромѣры 177—187, 235; — **Бейеръ и К-и** 179; — **Галльвансъ** 184; — **Герс** 181, 186; — **Ренанія** 180; — **Экардта** 184; — присоединеніе 186.
- Парсонсъ** турбина, тахограммы 30; — измѣренія давленія въ ступеняхъ 163; — діаграммы давленія пара 165, 166, 186; — утечка черезъ лабиринты 234, 239, 241; — потеря на лучеспусканіе 243—245; — измѣреніе механическихъ потерь 247, 249; — измѣреніе осевого давленія 260; — испытанія 271, 272, 273; — вліяніе условій работы 283, 284, 287; 291, 296.

- Парь, движение по сопламъ 270;—движение по направляющимъ приборамъ 271;—движение по рабочимъ лопаткамъ 271;—запорный, измѣреніе утечки 235;—расходъ 35, 282, 291;—измѣреніе расхода 177, 187, 235;—взятіе пробы для калориметра 170—172, 304;—измѣреніе температуры 130—132;—измѣреніе влажности 169—177, 304—305.
- Пенскій-Мартенсъ**, приборъ 224.
- Перегрѣвъ пара, влияние на расходъ пара 283, 287.
- Переключатели 119.
- Перемищія нуля ртутнаго термометра 104.
- Пикнометръ 219.
- Питательной воды, расходъ пара по расходу 213.
- Поверхностный холодильникъ, неплотность 217.
- Повѣрка вакууметровъ 155;—индикаторовъ крученія 95—96;—манометровъ сличеніемъ 151;—манометровъ нагрузкой 154;—термометровъ ртутныхъ 104—105;—термоэлементовъ 105, 109;—термометровъ-сопротивленій 105, 124;—водомѣровъ 202;—тахографа Горна 28.
- Поглощеніе электрической энергіи 37—43.
- Показатель нагрузки **Беттхера** 96—98;—(признакъ) установившагося состоянія 273.
- Полезная работа 34, 44.
- Полная отдача η_0 турбины 292.
- Помѣщенія, влияние температуры—на показанія термоэлемента 110.
- Понселе**, отверстія 207, 218, 274, 277, 309.
- Поправки къ ртутнымъ термометрамъ 102—104;—на сопротивленіе термоэлементовъ 108—109;—на лучеиспусканіе и др. въ калориметрахъ 174, 176, 305;—отъ приборовъ 282.
- Поршневые водомѣры 192.
- Послѣдовательное включеніе термоэлементовъ 113.
- Послѣдствіе термическое 104.
- Пенскаго-Мартенса** 224;—**Ритофа** для указанія уровня воды 264;—**Энглера**;—для измѣренія зазора въ котлѣ 309;—
- Потери механическія, измѣреніе 245;—пара, измѣреніе 234—242;—тепла турбиной на лучеиспусканіе 242.
- Прандтль** 270.
- Прессъ для повѣрки манометровъ 152;—глицериновый 154.
- Приборъ **Больтэ** 268;—**Вельненса** 227;—**Голицына** 265;—**Грунмаха** 266;—„детекторфонъ“ 268;—**Деттмара** 229;—**Маркусона** 224;—**Мато** 160, 161;—**Пенскаго-Мартенса** 224;—**Ришара** для указанія уровня воды въ котлѣ 309;—**Сименса** для измѣренія сотрясеній 264;—**Энглера** 226;—для измѣренія зазоровъ у турбинъ 262—263;—для опредѣленія густоты масла на холодѣ 225;—направляющіе у турбинъ движенье пара 271;—для измѣренія осевого давленія на валъ 260, 310—311.
- Приведеніе расхода пара 283—287;—тахометровъ въ дѣйствіе 18.
- Примѣси смолистыя въ маслѣ 221.
- Принадлежности термоэлементовъ 110—119.
- Присоединеніе ручныхъ тахометровъ 22;—манометровъ 139—141, 164;—вакууметровъ 153.
- Приспособленія для включенія счетчика оборотовъ 3—4.
- Пробы, взятіе—пара 170—172, 304.
- Проволоки термоэлементовъ 110—111;—изоляция 111.
- Провѣрка, см. повѣрка.
- Продолжительность испытанія турбины 274.
- Промежутки между отчетами при испытаніи турбины 274.
- Пружинные (металлическіе) манометры 135—141.
- Прусскихъ желѣзныхъ дорогъ, способъ опредѣленія температуры вспышки масла 222.
- Работа дѣйствительная (эффективная) 34, 44, 48, 63;—индикаторная 34;—полезная 34, 44, 48;—тренія о паръ 248, 250, 271;—тренія о воздухъ 76.
- Рабочій паръ, расходъ 213, 215.
- Рабочія лопатки, движенье пара 271.
- Радиальная турбина **Эйермана** 132, 238.
- Разгрузочныя поршни, утечка пара 228, 239, 241, 242.

- Размеры электроловъ водяныхъ сопротивлений 40.
 Разрывъ ртутнаго столбика у термометра 101—102.
 Разстояніе между лопатками, вліяніе на работу пара въ турбинахъ 271.
Рамбаль, индикаторъ крученія 84—86.
 Расходъ воды при поглощеніи работы 41;
 — смазки турбинъ 233;
 — пара на ед. мощности 35, 282, 291;
 — пара, измѣреніе 177, 213, 218, 306—307, 310;—рабочаго 213, 215;—привеленіе 283—287;—вліяніе начальнаго давленія 283;—вліяніе перегрѣва 283;—вліяніе влажности 284;—вліяніе давленія въ холодильники 284;—поправки 286—287.
Рато, тормоза 56—60;—турбина 164, 270, 271, 287, 291.
 Резонансъ-тахометра 13.
 Результаты испытаній, сводка 297.
 Результаты испытаній, сводка 227.
Рейхлингъ, водомѣръ 195.
Ренанія, паромѣръ 180.
Ретчеръ 272.
Ридлеръ-Штумпфъ, турбина 272.
Рипе 272.
Ричардсъ, Вестгартъ и К-ія, заводъ 273.
Ришаръ, приборъ 309.
Робинсонъ, Виллансъ, 272.
Розенхайнъ 270, 271.
„Рета“-водомѣръ 192.
 Ртутные вакууметры 147—150;—включатели 119;—манометры 141—144, 235, 306;—термометры 98—105.
 Ручные счетчики оборотовъ 1—4;—тахометры 19;—тахографъ 24.
Сайэхиро, индикаторъ крученія 80—82.
 Сальники—лабиринты, опыты 272.
Санкей, діаграммы 295—297.
 Самозаписывающіе индикаторы крученія 66—69, 88;—металлическіе манометры 138—139;—ртутные манометры 143—144;—ртутные вакууметры 150;—тахометры 24.
 Свидѣтельство Ф.-Т. П. Н. 104, 108, 110.
 Сводка результатовъ 297.
 Сейсмографы 263, 265, 266.
Сень-Венанъ и Ванцель 236.
 Серебро-константанъ (термопара) 106.
 Сжатая углекислота для повѣрки манометровъ 152.
Сиблей 270.
Сименсъ и К-ія, бр., 201, 264.
Сименсъ и Гальске—осциллографъ 33;
 — милливольтметры 115—116; — приборы для нулевого способа 117;—водомѣры 189, 194.
 Скорость пара, вліяніе на измѣреніе температуры 130—132.
 Скоростные водомѣры 188—192.
 Сличеніемъ, повѣрка манометровъ 151;
 — повѣрка термометровъ 104.
 Смазка турбинъ 218—234;—изслѣдованіе основныхъ свойствъ 218—227;—содержаніе кислотъ 220, 221, 222;—содержаніе щелочей 220;—содержаніе золы 221;—сѣрная кислота 220;—смолистыя примѣси 221;—асфальтъ, жиры 222;—сравненіе сортовъ масла 231;—наблюденіе 232;—температура допустимая 233;—расходъ 233.
 Содержаніе въ маслѣ кислотъ 220, 221, 222;—щелочей 220;—золы 221;—смолистыхъ примѣсей 221;—асфальта, жира 222.
 Сошла, движеніе пара 270.
 Сопротивленія, нагрузочныя 35—43;—изъ лампъ накаливанія 35;—металлическія 38;—водяныя 39—43.
 — вентиляціонныя 271.
 — вліяніе на термоэлементъ 108—109.
 — термометры 119—128.
 Сотрясенія, измѣреніе 263—268.
 Сила холодныя термоэлементовъ 109—110.
 Способы измѣренія, термоэлементами 107—108;—термометрами-сопротивленіями 120—122;
 — опредѣленіе момента инерціи, качаніемъ 255;—ускореннымъ вращеніемъ 256.
 Сравненіе сортовъ маселъ 251;—расходъ пара разныхъ турбинъ 288;—приборовъ разныхъ см. „Выборъ“.
 Среднія величины, нахожденіе 279.
 Средняя ошибка 280.
Срингъ-Гопкинсонъ, индикаторъ крученія 76—78.
 Стетоскопы 268, 269.
Стодсля 76, 184, 212, 237, 250, 262, 270, 271, 272, 273, 283, 284, 285, 287, 292, 295, 297.
 Столбикъ ртути, выступающій 102—103;
 — разрывъ 101—102.
Стотъ и Пиготтъ 304, 305.

- Счетная линейка 280.
 Счетчикъ оборотовъ 1—5;—въ соедине-
 нии съ тахометромъ 5.
 — работы **Ф. Люксъ** 88—89.
 Сѣрная кислота въ маслѣ 220.
- Таблицы паровъ **Молліэ** 215.
 Тахограммы турбинъ 29—33, 296, 300.
- Тахографы 23—29;—**Горна** 25—29,
 251;—ручной 24.
- Тахометръ 5—23;—съ грузами 6;—съ
 жидкостью 9;—магнитно-электриче-
 скіе 13;—резонансъ 13;—ручные 19,
 22;—съ записью 24;—электрические
 13;—**Гартманъ и Браунъ** 16;—**Омун-**
да 8.
- Тахоскопъ 2.
- Температура, измѣреніе 98—133;—по-
 мѣщенія, вліяніе на показ. термо-эле-
 мента 110;—вспышки масла 222—225;
 —смазки 233;—охлаждающей воды,
 —вліяніе на расходъ пара 285, 287;
 —перегрѣва, вліяніе на расходъ па-
 ра 283, 287;—измѣреніе у турбинъ
 128—133.
- Тепло, теряемое лучеиспусканіемъ, 242;
 —діаграмма потери 244.
- Тепловая (энтропійная) діаграмма $T-S$
 244, 295;—діаграмма $I-S$ 216, 295.
 —ой балансъ турбины 295; холодиль-
 ника 310.
- Теплоемкость масла 234.
- Термическое послѣдствіе 101.
- Термодинамическая отдача 292.
- Термометры, ртутные 98—105;—фаб-
 ричные 99;—обращеніе 100—102;—
 повѣрка 104—105;
 —сопротивленія 119—128;—способы
 измѣренія 120—122;—источники оши-
 бокъ и ихъ устраненіе 122—124;—
Браунъ 124—125;—**Гартманъ и Бра-**
унъ 125;—**Герэусъ** 126—128;—**Кэм-**
бриджской К-и научныхъ приборовъ
 127—128;—**Кэпсель** 120, 124.
- Термопары, выборъ 106—107.
- Термоэлементы 106—119;—вліяніе тем-
 пературы помѣщенія 110;—конструк-
 ція и принадлежности 110—119;—
 поправки на сопротивленіе 108—109;
 —примѣненіе 270;—способы измѣре-
 нія 107—108;—холодные спай 109—
 110.
- Този**, турбина 260.
- Толчки въ паропроводѣ, вліяніе на пар-
 мѣръ 186.
- Томссонъ**, водомѣръ 194.
- Торень**, водомѣръ 196.
- Тормоза для турбинъ 43—62, 300;—
 водяные 47—63, 301—303;—**Вестин-**
гаузъ 60—62;—**Ливиттъ** (по ошибкѣ
 названъ Ольдентъ) 51; **Ольдентъ** 300—
 301;—**Рато** 56—60;—**Феттингеръ** 301
 —303;—**Фроудъ** 54—56; —минонос-
 цевъ „**Фуршъ**“ и „**Фо**“ 58—60; —
Штумпфъ 47—51; — **Эйерманъ** 52—
 54; —съ колодками 43; —ленточный
 46—47.
- Точность и ея вычисленіе 280.
- Трение, о воздухъ, работа 76;—дерева по
 чугуну 45;—дисковъ и лопатокъ о паръ
 чугуна 45;—дисковъ и лопатокъ о парѣ
 248, 250;—масла 227—232; моментъ
 —покоя турбины, измѣреніе 259;—
 щетокъ днамомашинъ 247.
- Уаткинсонъ** 270.
- Углекислота сжатая для провѣрки манометровъ 152.
- Удѣльный вѣсъ, воды при разныхъ тем-
 пературахъ 211; —масла 219.
- Уипплъ**, наборъ для термометра—сопро-
 тивленія 127—128.
- Уитстонъ** мостикъ для термометра-сопро-
 тивленія 127.
- Укороченный барометръ 148—149.
- Улучшеніе работы турбины, опыты 272.
- Уплотненіе лабиринтовыхъ, расходъ пара
 237.
- Ускоренное вращеніе, опредѣленіе мо-
 мента инерціи 256, 257.
- Установившееся состояніе турбины 242,
 243, 273, 274;—показатель 273;—
 несоблюденіе 293.
- Утечка воды въ поверхностный холодиль-
 никъ 217;—воды изъ парового котла
 309;—пара запорнаго сквозъ лаби-
 ринты 235, 272;—пара эрезъ разгру-
 зочные поршни радіальной турбины
 238;—пара черезъ разгрузочные пор-
 шни осевой турбины 239—242.
- Фабричные термометры 99.
- Феррарисъ** 13.
- Феттингеръ**, индикаторы крученія 65—
 69, 311;—калибровка индикаторовъ

- крученія 93—94;—водяной тормозъ 301.
- Физико-Технической Имперской Институтъ (Ф.-Т. И. И.)** 104, 108, 109, 110,
- „Флорида“, индикаторъ крученія 70.
- Фогта** грязеуловитель 140.
- Фрамъ**, тахометръ 13;—индикаторъ крученія 79—80.
- Фрериксъ**, баровакууметръ 146.
- Фроудъ**, водяной тормозъ 54—56.
- „**Фуршъ**“ и „**Фо**“, тормозъ 58—60.
- Химическій способъ, опредѣленіе влажности пара 170;—опредѣленіе утечки въ поверхностный холодильникъ 217.
- Холодильникъ, всрызгивающій, опредѣленіе расхода пара 217, 310;—поверхностный, опредѣленіе расхода пара 216;—поверхностный опредѣленіе утечки, въ 217;—давленіе въ—вліяніе на расходъ пара 284, 287;—калориметръ 169.
- Холодные спаян термоэлементовъ 109—110; 113—115.
- Христлейнь** 271.
- Хюгенень** 271.
- Целли**—турбина, тахограмма 32;—вліяніе условій работы на расходъ пара 284, 285, 287;—расходъ пара 289, 291.
- Число десятичныхъ знаковъ при вычисленияхъ 279.
- Шварцъ**, компенсаціонное приспособленіе 114—115.
- Шветъэ** 45.
- Шефферъ** 134, 161.
- Шефферъ и Буденбергъ**, приборы 134, 135, 140, 143.
- Шильде**, водомѣръ 196.
- Шинцъ**, 135.
- Шкала индикаторовъ крученія, вавѣрка 95—96.
- Шмидъ**, водомѣръ 192.
- Штумпфъ**, тормозъ 47—51.
- Штуцера для термометровъ 100, 112.
- Шульцъ**, термометры-сопротивленія 124.
- Щелочи, содержаніе въ маслѣ 220.
- Щетки динамо, моменты тренія 247.
- Ясинскій** 271, 305.
- Эджкомбъ-Денни**, индикаторы крученія 69—70.
- Эйерманъ**, тормозъ 52—54;—турбина, измѣренія 132, 238, 261, 271, 295.
- Экардтъ**, водомѣръ 192, 197, 198;—паромѣръ 184;—штуцеръ для манометра 140.
- Электрическіе, индикаторы крученія 82—93; —тахометры 13; —ая энергія, измѣреніе и поглощеніе 35—43.
- Электроды водяного сопротивленія 40.
- Электро-магнитный тахометръ 22.
- Энглерь**, вискозиметръ 226.
- Энтронійныя діаграммы 216, 244, 295.
- Эрликонъ**, турбина 285, 287.
- Эффективная работа 34, 44, 48, см. дѣйствительная работа.