МОРСКІЯ ПАРОВЫЯ ТУРБИНЫ ПАРСОНСА.

УПРАВЛЕНІЕ ТУРБИНАМИ И УХОДЪ ЗА НИМИ.

W. C. Nixon.

Перевелъ съ разрѣшенія автора книги „The Care, Operation and Management of the Parsons Marine Steam Turbine"

А. Н. Лукъяновскій.

Инженеръ-механикъ флота.

Съ 22 рисунками въ текстѣ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера,
Невскій пр., 14.
1912.

ТИПО-ЛИТОГРАФІЯ
ШРЕДЕРА
С.ПЕТЕРБУРГЪ
49 Гороховая 49

Предисловіе переводчика.

Цѣль изданія перевода этой книги — дать возможность лицамъ со средней и низшей технической подготовкой, воспитаннымъ на поршневыхъ машинахъ и впервые сталкивающимся съ турбинными установками, познакомиться съ общими принципами ухода за морскими паровыми турбинами какъ на якорѣ, такъ и на ходу въ морѣ.

Судовые механики и заводскіе техники, уже знакомые съ турбинными установками, найдутъ въ этой книгѣ много полезныхъ практическихъ указаній по управленію турбинами и много матеріала для составленія инструкцій по уходу за этими механизмами.

Авторъ при составленіи этой книги имѣлъ въ виду механизмы послѣднихъ американскихъ истребителей съ трехвальнымъ расположеніемъ турбинъ Парсонса. Но, съ небольшими измѣненіями, все, что будетъ сказано о трехвальной установкѣ, приложимо къ любому другому расположенію турбинъ.

Русскій переводъ сдѣланъ по возможности ближе къ подлиннику, при чемъ я старался вездѣ, гдѣ у насъ выработались собственныя названія, пользоваться ими, не при-

бѣгая безъ крайней необходимости къ иностраннымъ терминамъ.

Въ заключеніе считаю долгомъ выразить благодарность автору, любезно разрѣшившему мнѣ сдѣлать предлагаемый переводъ его труда.

А. Лукъяновскій.

С.-Петербургъ.
1912 г.

Предисловіе.

Пройдя опытныя ступени развитія, морская паровая турбина Парсонса достигла теперь сравнительно высокой степени совершенства и стала испытанной морскою машиной. Въ литературѣ теперь имѣется много книгъ, весьма подробно излагающихъ теорію турбинъ, ихъ проектированіе и постройку. Что же касается чисто практическихъ руководствъ по управленію и уходу за ними, то ихъ имѣется пока очень ограниченное количество. Кромѣ того, такъ какъ турбинное дѣло ново, и все время развивается, то бо́льшая часть изъ этихъ руководствъ отжила свое время и не вѣрна. Между тѣмъ, большинство механиковъ никогда не видѣло турбинной установки, а еще меньшая часть—имѣла дѣйствительную практику съ нею; разница же въ уходѣ за поршневыми машинами и турбинами, для человѣка новаго по отношенію къ послѣднимъ, будетъ весьма большою. Для такого человѣка, будетъ ли онъ старшимъ механикомъ или масленщикомъ, полное знаніе ухода за турбинами пріобрѣтается только большой практикой съ ними и постояннымъ исправленіемъ ихъ поврежденій. Коротко говоря, предметъ этой книги—изложить въ самыхъ простыхъ выраженіяхъ для человѣка со средней технической подготовкой, и новаго по отношенію къ турбинамъ, различные способы обращенія съ ними, производство провѣрокъ и мѣры предосторожности, необходимыя при уходѣ за турбинами и ихъ вспомо-

гательными механизмами. Для наглядности будетъ приведено нѣсколько дѣйствительныхъ случаевъ поврежденій и способы ихъ устраненія, а также нѣкоторыя примѣрныя данныя, ожидаемыя какъ результаты нормальныхъ и ненормальныхъ условій. Въ дополненіе и разъясненіе послѣднихъ указаній объ уходѣ за турбинами будутъ приведены какъ опытъ другихъ лицъ, такъ и выдержки изъ нѣкоторыхъ источниковъ, но совершенно не будетъ попытки обращаться къ теоріи.

Оглавленіе.

Главы.		Стран.
I.	Турбина	1
II.	Общія опредѣленія	10
III.	Комбинаціи турбинъ	18
IV.	Главный паровой трубопроводъ	29
V.	Думмиссы	39
VI.	Аксіальное давленіе; установочный подшипникъ и пр.	51
VII.	Измѣреніе зазоровъ въ думмисахъ. Микрометръ	63
VIII.	Трубопроводъ свѣжаго и отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ.—Набивочныя коробки и ихъ паровой трубопроводъ	70
IX.	Холодильники	87
X.	Трубопроводъ форсированной смазки	97
XI.	Прогрѣваніе и приготовленіе къ ходу турбинъ	114
XII.	Управленіе турбинами на ходу	148
XIII.	Маневрирующая комбинація	189
XIV.	Установка и изнашиваніе главныхъ подшипниковъ	200
XV.	Установка зазоровъ въ думмисахъ.—Пригонка запасныхъ упорныхъ подшипниковъ	208
XVI.	Поврежденія турбинныхъ установокъ	224
XVII.	Разборка турбинъ	240

Глава I.

Турбина.

Предполагается, что тотъ, кто назначается на службу у турбинной установки уже будетъ вполнѣ знакомъ съ обыкновенными работами въ машинномъ отдѣленіи и будетъ имѣть достаточныя свѣдѣнія по теоріи турбинъ, ихъ постройкѣ и общему расположенію на суднѣ. По этой причинѣ описаніе самихъ турбинъ будетъ короткое и общее. Средства производства постоянно мѣняются, испытываются новые матеріалы для различныхъ частей турбины и современныя детали станутъ отжившими черезъ нѣсколько мѣсяцевъ. Общая же теорія и способы управленія будутъ одни и тѣ же съ небольшими измѣненіями. Предлагаемый трудъ имѣетъ въ виду всецѣло установки Парсонса, какія находятся на послѣднихъ истребителяхъ, гдѣ имѣется 5 турбинъ, расположенныхъ на 3-хъ валахъ. Это же будетъ приложимо лишь съ незначительнымъ измѣненіемъ и къ расположенію на крейсерахъ и броненосцахъ.

Каждая единица или турбина установки Парсонса состоитъ изъ чугуннаго цилиндра, точно расточеннаго внутри ступенями увеличивающагося діаметра и раздѣляющагося на 2 половины въ горизонтальной плоскости. Обѣ половины снабжены фланцами для скрѣпленія вмѣстѣ болтами; къ набору судна крѣпится только нижняя половина, давая этимъ возможность совершенно снимать верхнюю половину для осмотра или ремонта. Для облегченія этой операціи всѣ отверстія въ цилиндрѣ для впуска пара, для арматуры и др. сдѣланы въ нижней половинѣ цилиндра, такъ что для снятія верхней половины цилиндра надо только разобщить горизонтальный фланецъ. (Понятно, что есть

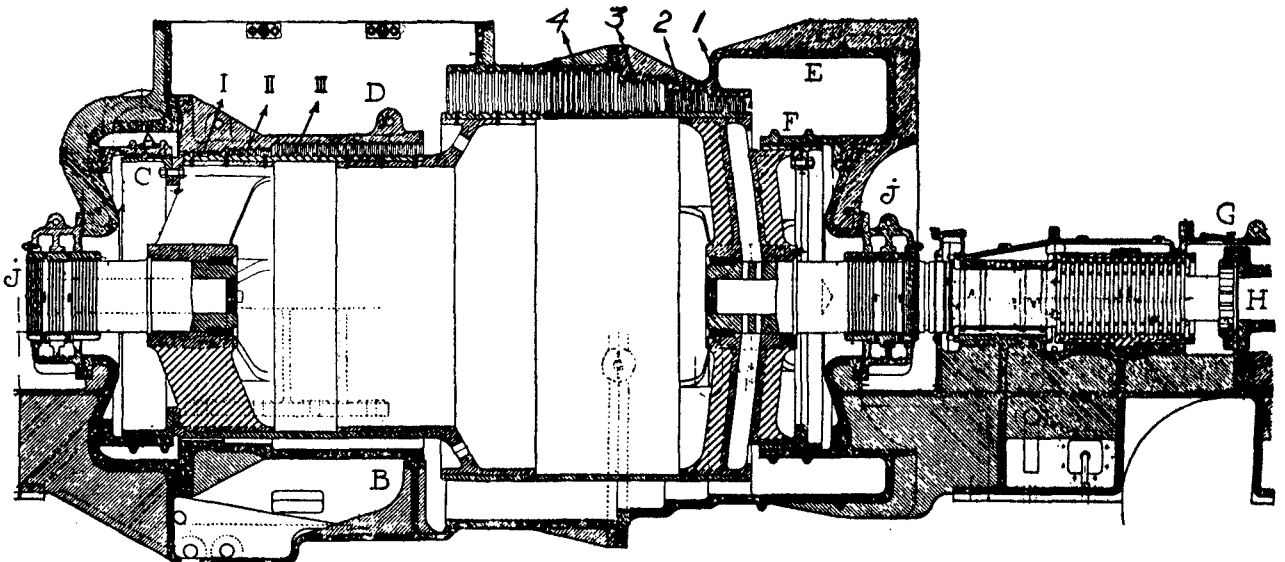
нѣкоторыя отверстія, которыя должны быть сдѣланы на верхней половинѣ и предыдущее приложимо только къ такимъ отверстіямъ, которыя съ одинаковымъ удобствомъ могутъ быть устроены какъ на верхней, такъ и на нижней половинахъ). Въ большихъ турбинахъ верхняя половина цилиндра поднимается прямо вверхъ сразу отъ нижняго фланца и направляется вертикальными колоннами, которыя употребляются для сохраненія ея положенія и вывода по прямому направленію, пока лопатки верхней половины корпуса не выйдутъ изъ лопатокъ ротора. Въ болѣе малыхъ турбинахъ верхняя половина иногда подвѣшивается къ нижней половинѣ на петляхъ и вмѣсто полнаго подъема поворачивается на одну сторону на этихъ петляхъ.

Продолженія цилиндра съ двухъ концовъ образуютъ стулья подшипниковъ или отлитые за одно или привернутые къ нему на болтахъ. Они имѣютъ соотвѣтствующіе подшипники, которые поддерживаютъ роторъ или вращающуюся часть турбины. Какъ синонимъ термина «роторъ» иногда употребляется названіе «шпиндель», но въ американской практикѣ, по крайней мѣрѣ, первый терминъ болѣе общій, а шпиндель есть названіе, данное частямъ въ видѣ валовъ, которые образуютъ концы ротора. Роторъ состоитъ изъ пустотѣлаго кованаго стального барабана, каждый конецъ котораго насаженъ на колесо со спицами и на немъ закрѣпленъ. Вставленные въ колеса валы ротора выходятъ изъ цилиндра и образуютъ шейки подшипниковъ; заднія части валовъ роторовъ соединяются съ линіями валовъ. Съ внутренней поверхности цилиндра выступаютъ ряды направляющихъ лопатокъ, или, какъ онѣ иначе называются, неподвижныя лопатки. Ряды лопатокъ на роторѣ выступаютъ наружу и расположены въ продольномъ направленіи такъ, что входятъ въ промежутки между рядами неподвижныхъ лопатокъ цилиндра. Лопатки ротора называются подвижными лопатками и очень близко подходятъ къ стѣнкѣ цилиндра, но не касаются его; также и неподвижныя лопатки близко подходятъ, но не касаются наружной поверхности ротора. Этотъ незначительный зазоръ по радіусу извѣстенъ какъ зазоръ сверху лопатокъ или ра-

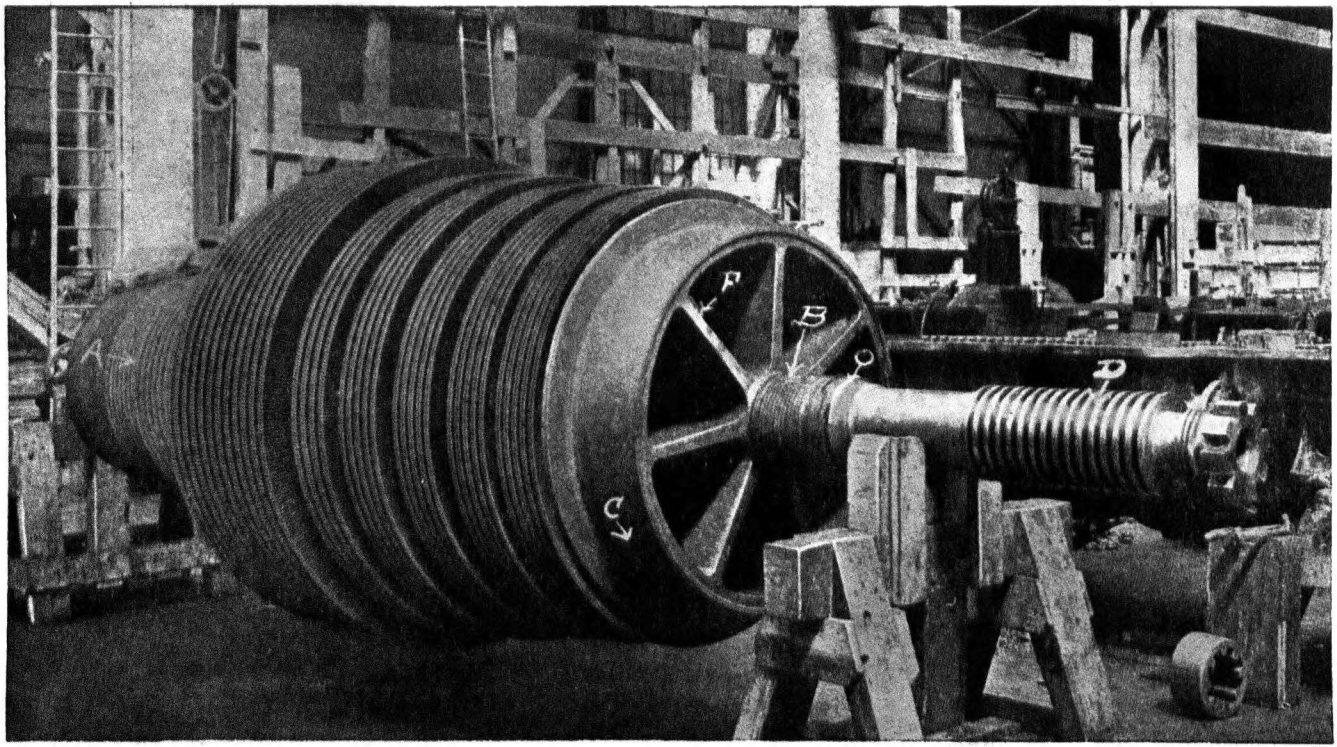
діальный зазоръ въ лопаткахъ, и величина его зависитъ отъ величины турбины, длины лопатокъ въ любомъ частномъ мѣстѣ и отъ того, работаетъ ли турбина и слѣдовательно горячая или неподвижна и холодная. Этотъ зазоръ въ одной и той же турбинѣ увеличивается немного съ увеличеніемъ длины лопатокъ. При различныхъ условіяхъ этотъ зазоръ бываетъ по величинѣ, согласно проекта, отъ 0,020″ до 0,100″. Зазоры въ продольномъ направленіи между рядами лопатокъ также измѣняются по величинѣ отъ $^1/_4$″ до $^1/_2$″. Такъ какъ паръ входитъ въ турбину подъ высокимъ давленіемъ, а, расширившись, выходитъ изъ нея при сравнительно низкомъ давленіи, и такъ какъ паденіе давленія сопровождается увеличеніемъ объема, то лопатки устраиваются ступенями или расширеніями съ увеличивающимися размѣрами отъ впускного конца къ выпускному турбины, будучи длиннѣе и съ большимъ шагомъ по мѣрѣ паденія давленія. Теоретически каждый рядъ лопатокъ долженъ быть слегка увеличенъ въ размѣрахъ противъ ряда непосредственно передъ нимъ, но практическія соображенія приводятъ къ приблизительному расположенію, при которомъ длина лопатокъ извѣстныхъ 8—10 рядовъ была бы средняя отъ теоретическихъ длинъ лопатокъ этихъ же самыхъ 8—10 рядовъ.

Фиг. 1. показываетъ въ разрѣзѣ современную комбинированную турбину Н. Д. и задняго хода, а фиг. 2 и 3 фотографіи ротора и нижней половинки цилиндра подобной турбины. Обращаясь къ фиг. 1, увидимъ слѣдующія части: №№ 1, 2, 3 и т. д. указываютъ различныя ступени расширенія турбины Н. Д.; I, II, III, и т. д. расширенія турбины задняго хода; A—паровой пролетъ турбины задняго хода, B—сточный колодезь, C—думмисъ турбины задняго хода, D—выпускной патрубокъ, E—паровой пролетъ турбины Н. Д., F—думмисъ турбины передняго хода, G—расширительное соединеніе, H—валъ крейсерской турбины и I—сальники. Упомянутыя только эти части и будутъ детально описаны.

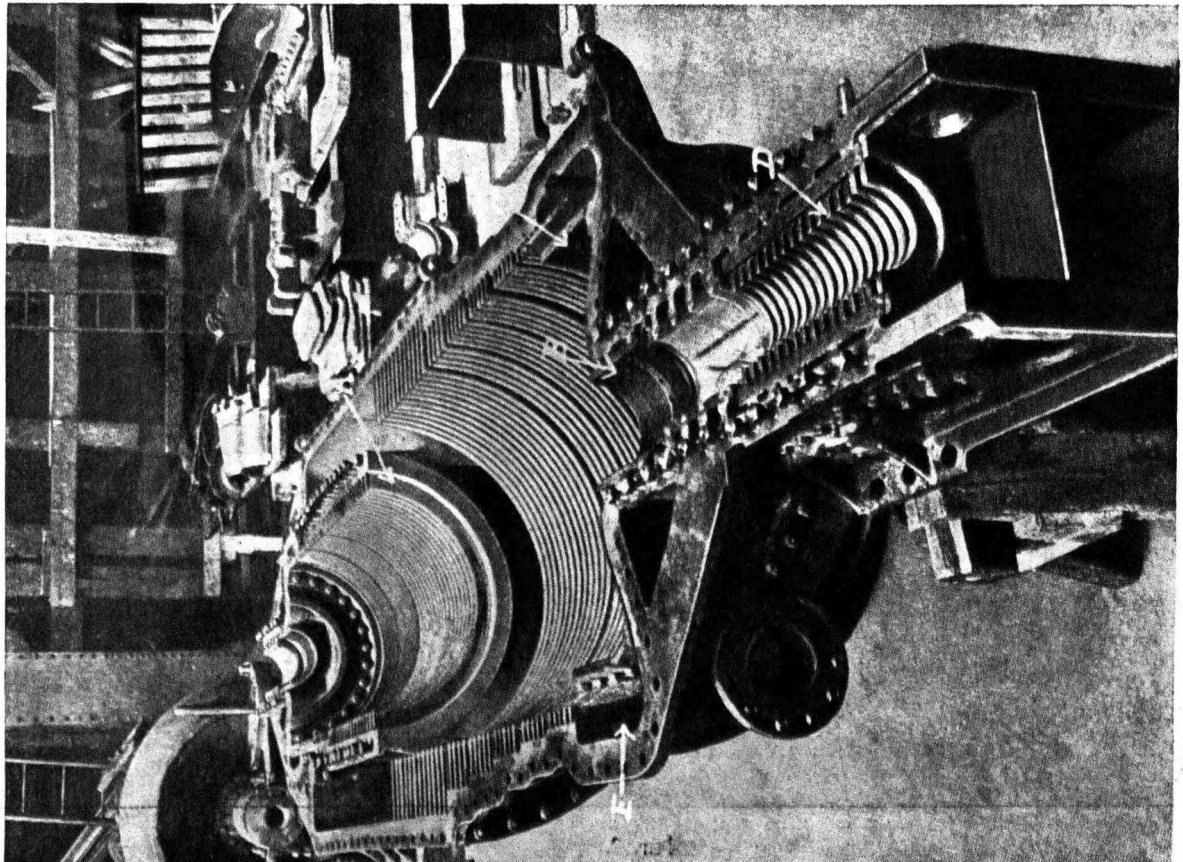
Паръ подводится съ одного конца турбины къ впускному паровому пролету и проходитъ черезъ лопатки къ



Фиг. 1



Фиг. 2.



Фиг. 3.

выпускному паровому пролету. Оба паровые пролета простираются по окружности цилиндра и представляютъ собою круглые каналы, отлитые заодно съ цилиндромъ, и служатъ для того, чтобы паръ впускался и выпускался не противъ какой-нибудь группы лопатокъ, а сразу противъ всего ряда лопатокъ. Изъ впускного пролета паръ входитъ въ первый рядъ неподвижныхъ или направляющихъ лопатокъ и, пройдя ихъ, поступаетъ на первый рядъ подвижныхъ лопатокъ. Съ этихъ подвижныхъ лопатокъ паръ вновь входитъ на неподвижныя лопатки слѣдующаго или второго ряда и изъ нихъ выпускается на слѣдующій или второй рядъ подвижныхъ лопатокъ и т. д. Для краткости ступени или расширенія и ряды лопатокъ обозначаются номерами, увеличивающимися по направленію теченія пара. Напр.— «третій рядъ неподвижныхъ лопатокъ въ четвертомъ расширеніи турбины Н. Д. лѣваго борта»—опредѣляетъ этотъ, а не какой-либо другой рядъ. Такъ какъ турбина получаетъ паръ сравнительно высокаго давленія и расширяетъ его, приблизительно, до 0 фунтовъ абсолютнаго давленія, и для полученія экономическихъ результатовъ, низкихъ лопатокъ и малой скорости вала совершается это въ турбинѣ Парсонса въ большой постепенности, то слѣдуетъ, что если это расширеніе провести въ одной турбинѣ, то величина ея конца Н. Д. была бы недопустимой для установки на суднѣ. Чтобы это избѣжать и для обезпеченія судна удвоеніемъ комплекта на случай поломки, расширеніе проводится въ серіи единицъ или турбинъ, распредѣленныхъ на нѣсколькихъ валахъ. Эти единицы постепенно увеличиваются въ размѣрахъ, т. е. въ длинѣ, діаметрѣ и площади лопатокъ отъ впускного конца серіи. Въ нѣкоторыхъ установкахъ бываетъ дальнѣйшее дѣленіе турбины Н. Д. на двѣ турбины одинаковой величины, изъ которыхъ каждая развиваетъ половину мощности, эквивалентной мощности одной турбины. Выпускъ изъ турбины предыдущей въ серіи раздѣляется между этими двумя. Каждая турбина въ серіи, независимо отъ числа ихъ или отъ ихъ положенія въ серіи, устроена такъ, что получаетъ отработавшій паръ изъ стоящей передъ ней и выпускаетъ въ слѣдующую за

ней въ серіи. Но каждая турбина въ серіи приспособлена для полученія свѣжаго пара непосредственно изъ котловъ и поэтому при поврежденіи въ какой-либо турбинѣ, исключая послѣдней въ серіи, все-таки можно работать слѣдующими за поврежденными турбинами. Надо замѣтить, что это примѣчаніе особенно приложимо къ трехвальному расположенію съ 5 турбинами, встрѣчающемуся на малыхъ судахъ, на которыхъ имѣется только одна серія, распредѣленная на трехъ валахъ. Между тѣмъ на большихъ судахъ, какъ броненосцы и большіе быстроходные почтовые пароходы, обыкновенно устанавливаются двѣ отдѣльныя серіи турбинъ независимыхъ другъ отъ друга и расположенныхъ симметрично на каждой сторонѣ діаметральной переборки.

Относительно постройки турбинъ есть много печатныхъ трудовъ, но пріемы обработки постоянно мѣняются. Все время испытываются новые матеріалы для различныхъ частей, вводятся новыя системы укрѣпленія лопатокъ, и практическіе пріемы въ каждой мастерской при однихъ и тѣхъ же результатахъ во многихъ случаяхъ разные. Человѣкъ новый по отношенію къ турбинѣ долженъ запомнить слѣдующее: Чтобы изготовить хорошую турбину необходима самая точная работа и до сдачи турбина должна быть чрезвычайно точно выбалансирована. Такъ какъ въ турбинахъ зазоры малые, а скорости большія, то при какой-нибудь невѣрности получаются очень скоро большія поврежденія. Такъ какъ требуется чрезвычайная точность работы въ мастерской, чтобы выпустить хорошую серію турбинъ, то на суднѣ онѣ должны получить наилучшій уходъ. Такъ какъ даже при полной мощности ничего не видно движущагося въ турбинномъ отдѣленіи, а вскрытія турбинъ для осмотра можетъ не быть годами, то, естественно, поэтому, что знаніе турбинъ нельзя получить осмотромъ ихъ въ работѣ на суднѣ, а оно должно быть пріобрѣтено изъ другихъ источниковъ, какъ книги, чертежи или наблюденія за постройкою турбинъ въ мастерской.

Коротко говоря, даже при малыхъ зазорахъ и большихъ скоростяхъ, если механикъ знаетъ точно эти зазоры въ данный моментъ и каковы они будутъ при всякихъ

перемѣнныхъ условіяхъ, то, имѣя зазоръ въ 0,001″, онъ будетъ также спокоенъ, какъ если бы онъ имѣлъ зазоръ въ $^1/_2$″ и скорость въ 800 оборотовъ въ 1 минуту будетъ также безопасна, какъ и въ 80 оборотовъ въ 1 м. При нормальномъ разумномъ уходѣ турбины будутъ работать также экономично по прошествіи 10 лѣтъ, какъ и въ концѣ 2-го мѣсяца, но при посредственномъ или при плохомъ уходѣ поломка можетъ случиться черезъ нѣсколько недѣль.

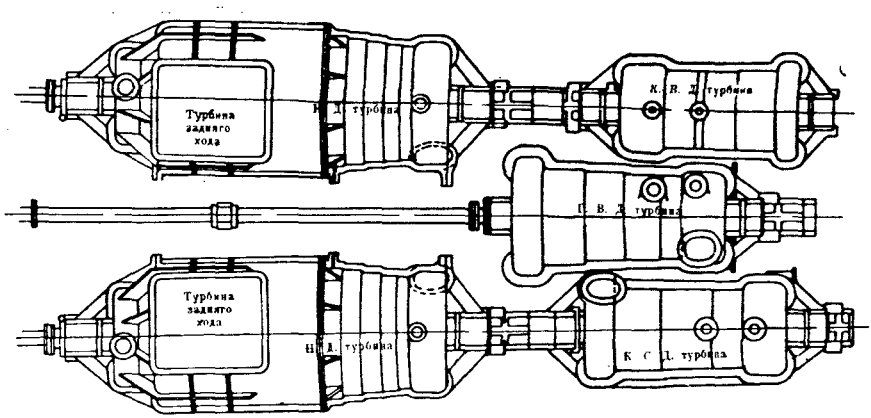
Глава II.

Общія опредѣленія.

Обыкновенно для сокращенія на судахъ употребляется слѣдующая номенклатура, которой будемъ придерживаться и въ этой книгѣ:

Г. В. Д. — Главная турбина высокаго давленія.
К. В. Д. — Крейсерская турбина высокаго давленія.
К. С. Д. — Крейсерская турбина средняго давленія.
Л. Н. Д. — Турбина низкаго давленія лѣваго борта.
П. Н. Д. — Турбина низкаго давленія праваго борта.
П. З. Х. — Турбина задняго хода праваго борта.
Л. З. Х. — Турбина задняго хода лѣваго борта.

Терминъ роторъ вообще употребляется для указанія вращающейся части турбины, а корпусъ (предпочтительнѣе нежели цилиндръ) для обозначенія неподвижной части. Обращаясь теперь къ такой установкѣ, какъ на послѣднихъ истребителяхъ, найдемъ три вала, на которыхъ распредѣлены 5 турбинъ передняго хода и 2 задняго хода. Всѣ онѣ помѣщены въ одномъ непроницаемомъ отдѣленіи вмѣстѣ съ непосредственно связанными съ ними вспомогательными механизмами. Фиг. 4 показываетъ общее расположеніе на суднѣ. На правомъ бортовомъ валу находятся К. С. Д., П. Н. Д. и П. З. Х. турбины; на среднемъ валу Г. В. Д., на лѣвомъ бортовомъ валу К. В. Д., Л. Н. Д. и Л. З. Х. турбины. Двѣ турбины задняго хода помѣщены, такимъ образомъ, на бортовыхъ валахъ позади турбинъ низкаго давленія и заключены въ свои отдѣльные кожухи, которые, въ свою очередь, заключены въ корпуса турбинъ Н. Д. Это расположеніе даетъ возможность (такъ какъ выпускные концы практически сходятся вмѣстѣ) сдѣлать обыкно-



Фиг. 4.

венный выпускной пролетъ и обыкновенный выпускной патрубокъ общимъ для этихъ двухъ турбинъ и обезпечить то, что когда какая-либо изъ этихъ турбинъ будетъ вращаться вхолостую, то она будетъ находиться почти при пустотѣ холодильника. Напримѣръ, при ходѣ впередъ, очевидно, паръ не пойдетъ въ турбину задняго хода; а такъ какъ она непосредственно соединена съ холодильникомъ помощью большого выпускного патрубка, то ея лопатки, вращаясь назадъ, будутъ двигаться въ пространствѣ съ большой пустотой, такъ что вентиляціонная и фрикціонная потери будутъ близки къ О.

Устройство лучше всего будетъ видно, обратясь къ фиг. 1, которая представляетъ разрѣзъ такой комбинированной турбины Н. Д. и задняго хода.

Различные пути пара черезъ турбины будутъ разсмотрѣны въ главѣ о «комбинаціяхъ турбинъ». Послѣдній терминъ зародился на судахъ и служитъ для указанія сочетаній турбинъ, въ какихъ онѣ могутъ быть употреблены.

Укрѣпленіе турбинъ въ суднѣ. Выступающія части концовъ корпуса (см. фиг. 1), которыя образуютъ стулья подшипниковъ вала, продолжены далѣе внизъ отъ этихъ подшипниковъ и кончаются большими лапами съ фланцами. Хотя корпусъ и поддерживается по длинѣ въ тѣхъ мѣстахъ,

гдѣ онъ переходитъ черезъ шпангоуты, но закрѣпленъ онъ и удерживается болтами только за эти лапы. Сообразно съ длиною турбины и различными степенями нагрѣва, когда турбина работаетъ или стоитъ, должно быть предусмотрѣно нѣкоторое расширеніе корпуса въ продольномъ направленіи. Дыры съ одной стороны корпуса для болтовъ круглыя и болты въ нихъ пригнаны плотно, а на другой сторонѣ дыры расширены въ продольномъ направленіи, позволяя, такимъ образомъ, концу турбины скользитъ взадъ и впередъ въ предѣлахъ этого удлиненія. Если задній конецъ корпуса закрѣпленъ тогда, съ момента начала прогрѣванія турбины передній стулъ будетъ скользить, пока длина корпуса не станетъ предѣльной. Увеличеніе длины бываетъ отъ 0,4″ до 0,6″ въ зависимости отъ длины и величины турбины. Такъ какъ эти продолговатыя дыры для болтовъ находятся почти въ трюмѣ, то, несмотря на то, что онѣ прикрыты, все-таки въ зазоры между болтами и стѣнками дыръ попадаетъ грязь и угольная пыль и за ними надо наблюдать и держать чистыми. Вообще болты дѣлаются достаточно большими, чтобы прикрыть зазоры въ удлиненныхъ дырахъ и, кромѣ того, подъ головки болтовъ кладутся для той же цѣли тонкія металлическія шайбы достаточной величины. Несмотря на это, болты эти должны періодически освидѣтельствоваться, причемъ надо смотрѣть, чтобы они были плотно зажаты и хорошо поставлены и чтобы ничто не препятствовало движенію стула при расширеніи корпуса.

Подшипники. Всѣхъ подшипниковъ въ машинномъ отдѣленіи 15: обыкновенныхъ 10 и упорныхъ 5; подшипники корридорныхъ валовъ въ этотъ счетъ не входятъ. (Замѣтимъ, что вездѣ, гдѣ употребляется терминъ упорный подшипникъ въ турбинной установкѣ, можно употреблять названіе «установочный подшипникъ»; послѣдній терминъ правиленъ, такъ какъ упорный подшипникъ, какъ таковой, не имѣетъ мѣста на турбинномъ суднѣ. Между тѣмъ, одна изъ функцій установочнаго подшипника — принимать излишнее осевое давленіе, и для механиковъ поршневыхъ машинъ легче всего называть его наиболѣе привычнымъ именемъ). Расположеніе и число подшипниковъ таково, что

каждый конецъ всякой главной турбины (подразумѣвая турбины Н. Д. и З. Х. соединенными) имѣетъ подшипникъ, называемый главнымъ подшипникомъ турбины. Эти подшипники берутъ свое названіе отъ смежной турбины и потому называются: П. Н. Д. задній, К. В. Д. передній, Г. В. Д. передній и т. п. Спереди каждой турбины Н. Д., а также спереди Г. В. Д. имѣется одинъ большой установочный или упорный подшипникъ. Они обозначаются: П. Н. Д. упорный, Л. Н. Д. упорный и Г. В. Д. упорный или иногда просто лѣвый упорный, правый упорный и главный упорный подшипники. Съ переднихъ концовъ (по теченію пара) у крейсерскихъ турбинъ есть подобные, но меньшаго размѣра установочные подшипники, извѣстные какъ К. В. Д. упорный и К. С. Д. упорный подшипники. Необходимость этого количества и дѣленія упорныхъ подшипниковъ будетъ объяснена далѣе. Надо замѣтить, что тамъ, гдѣ главный и упорный подшипники смежны, какъ, напр., П. Н. Д. передній главный подшипникъ и П. Н. Д. упорный, они, вообще, имѣютъ общіе впускъ и выпускъ масла и въ смыслѣ смазки, по крайней мѣрѣ, иногда называются просто однимъ общимъ именемъ, какъ, напр., въ данномъ случаѣ: П. Н. Д. передній.

Постъ управленія. Въ какомъ-либо удобномъ мѣстѣ машиннаго отдѣленія, обыкновенно въ его передней части, помѣщаются главный паровой патрубокъ и площадка управленія. Этотъ патрубокъ служитъ для пріема пара изъ котловъ и для распредѣленія его между различными турбинами. На удобной высотѣ около этого патрубка сгруппированы клапана, управляющіе этимъ распредѣленіемъ; штоки ихъ оканчиваются соотвѣтствующими маховиками или другими приводами, предназначенными для быстраго открыванія. Въ удобномъ мѣстѣ около этихъ маховиковъ расположены машинные и кочегарные телеграфы, переговорныя трубы, телефоны и пр. и тѣ клапана, кромѣ дыхательныхъ, которые требуютъ регулировки на ходу, какъ впускные паровые къ сальникамъ, спускные изъ сальниковъ, масляные предохранительные клапана и т. п. Какъ разъ надъ этими клапанами и маховиками помѣщается доска съ манометрами, на которой собраны различные манометры и счетчики обо-

ротовъ, которые непремѣнно должны быть при работѣ турбинъ подъ наблюденіемъ человѣка у ручекъ.

Бай-пассъ. Для различныхъ цѣлей, какъ уравненіе или распредѣленіе силы между различными валами или для временнаго измѣненія скорости, не мѣняя комбинаціи (будетъ разобрано позднѣе) устраиваются перепуски пара или байпассы изъ перваго въ третье расширеніе въ К. В. Д., К. С. Д. и Г. В. Д. турбинахъ. Приспособленіе для перепуска состоитъ просто изъ трубы, соединяющей одну ступень съ другой и имѣющей соотвѣтствующій клапанъ. Устраиваются также приспособленія для утилизаціи отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ на низкихъ ступеняхъ расширенія посредствомъ соотвѣтствующихъ соединеній трубопровода отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ съ турбинами въ слѣдующихъ мѣстахъ:

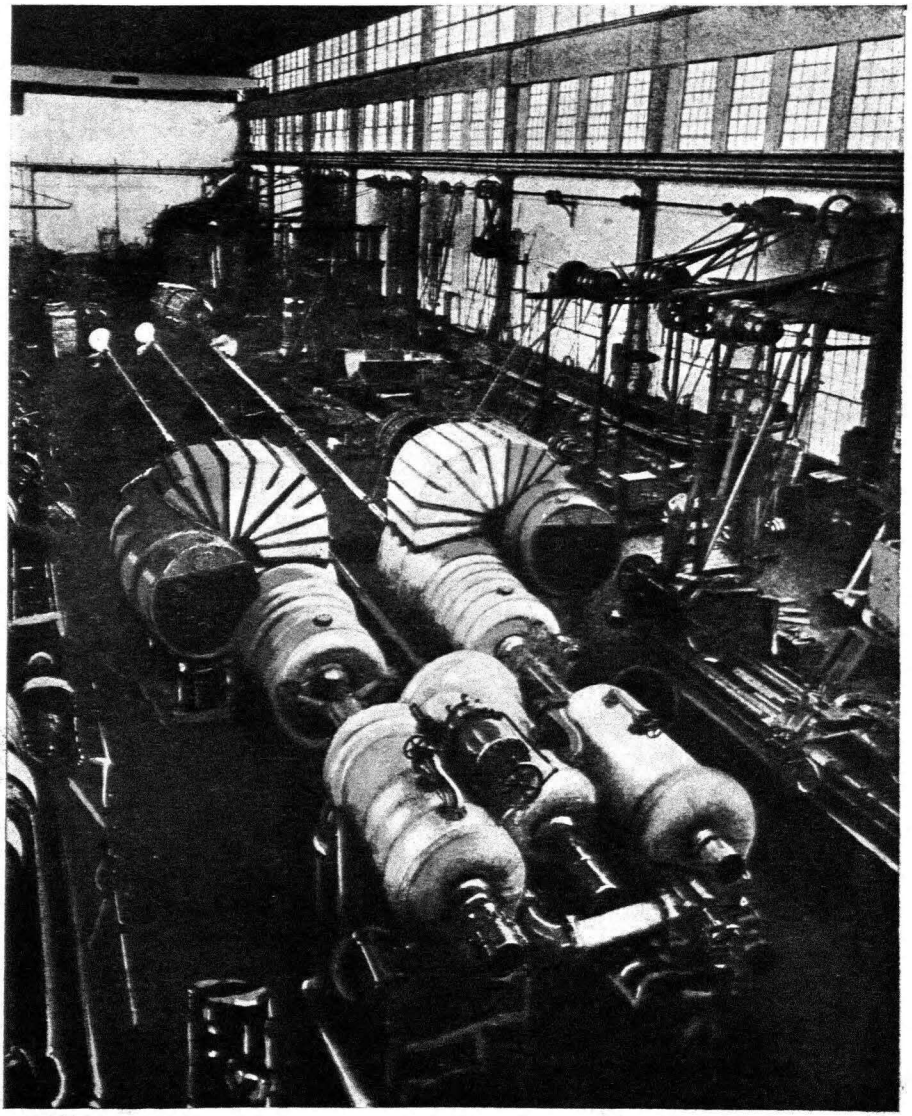
1. На 2-омъ или 3-мъ расширеніи Г. В. Д. турбины.
2. На 1-омъ расширеніи (паровомъ пролетѣ) турбинъ Н. Д.
3. На 3-мъ расширеніи турбинъ Н. Д.

Это устройство позволяетъ употреблять отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ съ большой экономической выгодой какъ при малыхъ, такъ и при большихъ силахъ, такъ какъ при любыхъ скорости и комбинаціи всегда можно найти подходящее мѣсто для впуска этого пара.

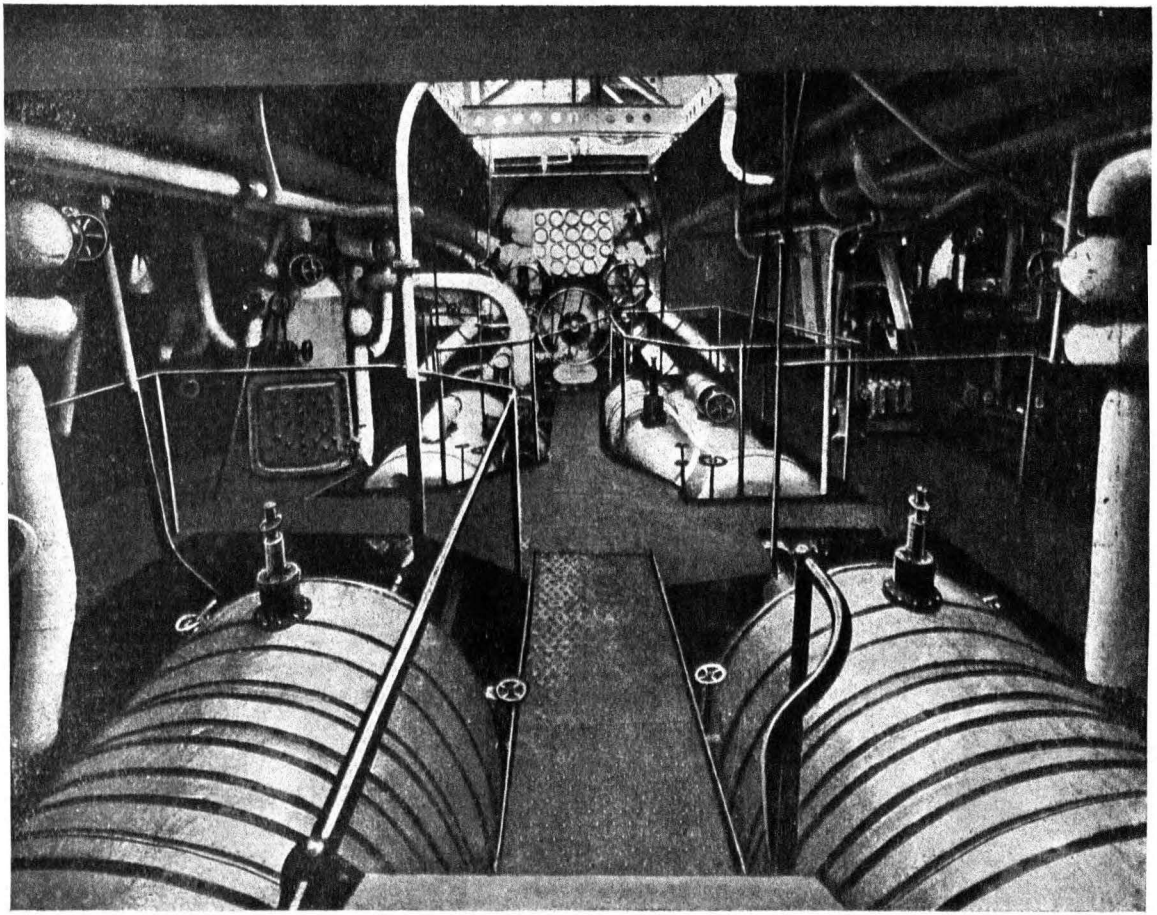
Вспомогательные механизмы. Въ любомъ удобномъ мѣстѣ машиннаго отдѣленія устанавливаются различныя помпы и другіе вспомогательные механизмы, сообразно, вообще, съ установившейся практикой. Исключенія могутъ быть въ деталяхъ и, когда встрѣтятся, будутъ подробно описаны.

Трубопроводъ и арматура. Части трубопроводовъ въ турбинномъ машинномъ отдѣленіи отчасти необычны и будутъ приведены детально, когда встрѣтится необходимость. Арматура, въ широкомъ смыслѣ, приноравливается къ обыкновенной практикѣ, а немногія исключенія будутъ описаны въ послѣдующихъ главахъ.

Муфты. Такъ какъ крейсерскія турбины могутъ вполнѣ разъединяться или вслѣдствіи поврежденія или въ томъ случаѣ, когда не желательно, чтобы онѣ вращались вхоло-



Фиг. 5.



Фиг. 6.

стую въ пустотѣ при работѣ большою мощностью, то для этой цѣли имѣются розобщительныя скользящія соединенія, устроенныя на каждомъ бортовомъ валу между турбинами Н. Д. и крейсерскими. Эти муфты служатъ, кромѣ того, другой болѣе важной цѣли, которая и есть главная причина ихъ существованія: онѣ позволяютъ роторамъ турбинъ Н. Д. и крейсерскихъ двигаться незначительно въ продольномъ направленіи независимо другъ отъ друга, что допускаетъ, слѣдовательно, независимыя установки думмисовъ въ обѣихъ турбинахъ. Объ этомъ здѣсь только упоминаемъ, такъ какъ это будетъ объяснено подробно въ одной изъ послѣдующихъ главъ при разсмотрѣніи зазоровъ думмисовъ.

Фиг. 5 и 6 суть фотографіи установки турбинъ на пароходѣ С. А. С. Ш. «Reid» и служатъ для показанія наилучшаго способа расположенія и внѣшняго вида турбинъ. Фиг. 6 показываетъ полный комплектъ турбинъ, холодильниковъ, валовъ, винтовъ и пр., собранныхъ въ мастерской передъ установкою на суднѣ. Здѣсь хорошо видны клапана бай-пассовъ, подшипники и соединяющія турбины трубы. Выпускной потрубокъ замѣчателенъ тѣмъ, что вмѣсто круглой трубы онъ сдѣланъ клепанымъ прямоугольнаго сѣченія изъ легкихъ стальныхъ листовъ, скрѣпленныхъ наружными ребрами сортовой стали. Фиг. 7 показываетъ видъ машиннаго отдѣленія, смотря въ носъ отъ прохода между двумя выпускными патрубками. Видны ясно клапана управленія, доска съ приборами, детали поста управленія и, вообще, трубопроводы, клапана и пр. части, какъ установлены на суднѣ.

Глава III.

Комбинаціи турбинъ.

Чтобы хорошо знать всѣ различные клапана, трубопроводы, манометры и другіе приборы, установленные въ турбинномъ машинномъ отдѣленіи, и сознательно управлять турбинами на ходу, необходимо знать, что подразумѣвается подъ словами «комбинаціи турбинъ», каковы онѣ могутъ быть и когда каждая изъ нихъ можетъ употребляться. Терминъ «комбинація турбинъ», распространившійся на судахъ, есть названіе, данное каждому изъ различныхъ способовъ, какимъ можетъ быть использована сила турбинъ для движенія судна; другими словами, указаніе различныхъ сочетаній турбинъ, въ которыхъ можетъ быть использованъ паръ. Вопросъ примѣненія различныхъ комбинацій въ дѣйствительности чрезвычайно простъ, однако это, вообще, причиняетъ одно изъ большихъ замѣшательствъ человѣку новому по отношенію къ турбинамъ. Для такого человѣка кажется почти безразсуднымъ, что при 10 узлахъ употребляются 5 турбинъ, при 20—4, а при 30—3 турбины или, другими словами, машины выводятся изъ дѣйствія по мѣрѣ увеличенія силы.

Представимъ простое не теоретическое объясненіе этого факта, предназначающееся для человѣка со свѣдѣніями о поршневыхъ машинахъ. Надо только сравнить установку съ 5 турбинами съ пятицилиндровою поршневою машиною четырехкратнаго расширенія и допустить соотвѣтствіе К. В. Д. турбины цилиндру высокаго давленія, К. С. Д.—1-му цилиндру средняго давленія и т. д.; наконецъ двухъ турбинъ Н. Д.—цилиндрамъ низкаго давленія. Цилиндры такой машины увеличиваются въ діаметрѣ отъ цилиндра высокаго давленія

къ цилиндрамъ низкаго давленія, или, другими словами, поверхности, на которыя дѣйствуетъ паръ, увеличиваются ступенями отъ одного конца машины къ другому; рабочее же давленіе, по мѣрѣ увеличенія площадей, падаетъ. Точно такимъ же образомъ увеличиваются въ размѣрахъ турбины отъ начала серіи къ концу. Напр., предположимъ, что средняя высота лопатокъ К. В. Д. турбины, первой въ сочетаніи, будетъ 1″, а средняя окружность шага этихъ лопатокъ 15′. Тогда $15 \times 12 \times 1 = 180''$ кв. будетъ площадь, на которую дѣйствуетъ паръ въ этой турбинѣ. Средняя высота лопатокъ въ слѣдующей турбинѣ въ серіи К. С. Д., предположимъ, будетъ 2″, а шаговая окружность 20′. Площадь, на которую дѣйствуетъ паръ въ этой турбинѣ, получается $20 \times 12 \times 2 = 480''$ кв.; и т. д. для всей серіи. Понятно, что данныя цифры не дѣйствительныя въ смыслѣ точности, а только приводятся для нагляднаго примѣра. Изъ практики съ поршневыми машинами, будутъ ли это машины паровыхъ барказовъ или броненосцевъ, извѣстно, что впускомъ пара высокаго давленія въ ресиверъ средняго давленія увеличивается число оборотовъ и скорость, такъ какъ паръ высокаго давленія дѣйствуетъ на бо́льшую площадь и, такимъ образомъ, производитъ бо́льшую работу. При турбинахъ тоже самое, съ тѣмъ измѣненіемъ, что, вмѣсто перепуска только части пара помимо первой турбины въ серіи, весь паръ пускается прямо во вторую, а первая турбина вполнѣ выводится изъ дѣйствія. Въ случаѣ поршневой машины перепускъ свѣжаго пара въ цилиндръ средняго давленія считается, обыкновенно, вреднымъ, такъ какъ это вызываетъ несоотвѣтствующія напряженія въ цилиндрѣ средняго давленія, тогда какъ въ турбинахъ, любая изъ нихъ въ серіи проэктирована и построена съ тѣмъ расчетомъ, чтобы она выдерживала безопасно высокое давленіе.

Проведемъ аналогію дальше. Ясно, что предѣльная скорость поршневой машины безъ добавочнаго впуска есть скорость, которая получается при поддержаніи наивысшаго рабочаго котельнаго давленія въ золотниковой коробкѣ цициндра высокаго давленія. Средствомъ увеличенія этой скорости, не измѣняя котельнаго давленія и пустоты, является

только бай—пассъ (отсѣчка не принимается во вниманіе). Тоже самое и при турбинахъ, такъ какъ предѣльная скорость при любой комбинаціи получается поддерживаніемъ наивысшаго рабочаго давленія въ паровомъ пролетѣ первой турбины этой комбинаціи. Напр., давленіе 150℔ на 1"□ въ цилиндрѣ высокаго давленія поршневой машины даетъ 125 оборотовъ въ 1 минуту; если пустота останется таже, а давленіе 150℔ будетъ поддерживаться въ цилиндрѣ средняго давленія (цилиндръ высокаго давленія вполнѣ выключенъ), то ясно, что число оборотовъ будетъ много больше, чѣмъ 125 въ 1 минуту, но количество потребляемаго пара будетъ тоже больше, если разсматривать весь объемъ, а не объемъ на силу. Давленіе 150℔ въ паровомъ пролетѣ малой, первой турбины въ серіи можетъ дать среднюю скорость вала 300 оборотовъ въ 1 минуту, но тоже самое давленіе пара, поддерживаемое въ бо́льшей турбинѣ, т. е. дальнѣйшей въ серіи, дало бы, очевидно, большее число оборотовъ въ 1 минуту; но, какъ и раньше, это потребовало бы расхода большаго объема пара. Это будетъ ясно, если припомнить, что пространство между лопатками увеличивается. Слѣдовательно, такъ какъ размѣры турбинъ увеличиваются отъ начала серіи, то и количество пара при данномъ давленіи, проходящее черезъ нихъ, будетъ больше. Изъ этихъ соображеній видно, что наивысшій предѣлъ скорости на любой какой-нибудь комбинаціи опредѣляется наибольшимъ количествомъ пара при наибольшемъ рабочемъ давленіи, которое можетъ пройти въ единицу времени черезъ 1-ый рядъ лопатокъ начальной турбины въ серіи. Если эту аналогію, между турбинами и поршневою машиною съ соотвѣтствующимъ числомъ цилиндровъ, держать въ умѣ, то будетъ легче понимать различныя комбинаціи турбинъ. Комбинацій всего слѣдующихъ 4:

1. Пять турбинъ или К. В. Д. комбинація.
2. Четыре турбины или К. С. Д. комбинація.
3. Три турбины или Г. В. Д. комбинація.
4. Маневрирующая комбинація.

К. В. Д. комбинація. Говоря вообще, для всѣхъ наименьшихъ скоростей наибольшая экономія получается употреб-

леніемъ К. В. Д. турбины, какъ начальной, и пропускомъ пара черезъ всѣ 5 турбинъ передняго хода въ серіи. Предѣльная скорость при этой комбинаціи есть наивысшее число оборотовъ, достижимое при наибольшемъ рабочемъ давленіи въ паровомъ пролетѣ К. В. Д. турбины, и эта скорость устанавливается при проэктированіи, приблизительно, въ 50%—60% отъ полной скорости. Другими словами, для тридцатиузлового истребителя комбинацію К. В. Д. можно употреблять до 18 узловъ. Приведемъ нѣкоторыя дѣйствительныя цифры для скорости около 14 узловъ. Паръ подъ давленіемъ 140℔ на 1"□ по манометру впускается въ паровой пролетъ К. В Д. турбины; онъ расширяется въ этой турбинѣ приблизительно до 70℔ и при этомъ давленіи выпускается во впускной паровой пролетъ К. С. Д. турбины, т.-е. второй въ серіи. Въ этой турбинѣ паръ расширяется далѣе приблизительно до 35℔ давленія и выпускается въ Г. В. Д. турбину при этомъ давленіи. Въ Г. В. Д. турбинѣ онъ расширяется далѣе до—5 фунтовъ, приблизительно, по манометру и при этомъ давленіи раздѣляется и направляется въ турбины Н. Д., изъ которыхъ онъ окончательно выпускается въ холодильники при ихъ пустотѣ. Припомнимъ, что величина лопатокъ неизмѣнно увеличивается отъ перваго расширенія въ К. В. Д. турбинѣ до послѣдняго расширенія въ турбинѣ Н. Д., и сама величина турбинъ возрастаетъ. Слѣдовательно, паръ, по мѣрѣ уменьшенія давленія, дѣйствуетъ на соотвѣтственно увеличивающіяся площади лопатокъ. Въ то же время, такъ какъ діаметры турбинъ увеличиваются, то увеличиваются и плечи, посредствомъ которыхъ передаются вращающіяся усилія на валы. Все это постепенное увеличеніе устанавливается при проэктированіи такъ, чтобы: лѣвый валъ дѣлалъ 385 оборотовъ въ 1 минуту подъ дѣйствіемъ вращающаго момента, производимаго паденіемъ давленія въ К. В. Д. турбинѣ отъ 140℔ до 70℔ и подъ дѣйствіемъ вращающаго момента, произведеннаго паденіемъ давленія въ Л. Н. Д. турбинѣ съ 8℔ абсолютныхъ до 1℔ абс.; средній валъ 320 оборотовъ въ 1 минуту подъ дѣйствіемъ вращающаго момента, произведеннаго паденіемъ давленія съ 35 до 6 только въ одной турбинѣ Г. В. Д.

Если давленіе въ К. В. Д. турбинѣ увеличится или уменьшится, то давленія во всей серіи уменьшатся или увеличатся соотвѣтственно, и вслѣдствіе этого скорость валовъ измѣнится. Очевидно, что предѣльная скорость при К. В. Д. комбинаціи есть то число оборотовъ въ 1 минуту, которое получается при поддержаніи максимальнаго рабочаго давленія въ паровомъ пролетѣ К. В. Д. турбины. Скорости бортовыхъ валовъ, обыкновенно, почти одинаковы и приблизительно на 8%—10% меньше, чѣмъ скорость средняго вала.

К. С. Д. комбинація. Изъ разсмотрѣнія К. В. Д. комбинаціи ясно, что при предѣльной скорости на этой комбинаціи въ паровомъ пролетѣ К. С. Д. турбины будетъ только около 125℔ давленія, т.-е. то давленіе, при которомъ К. В. Д. турбина выпускаетъ въ нее свой отработавшій паръ. Если есть возможность впускать паръ непосредственно въ К. С. Д. турбину при этомъ давленіи и обойти вполнѣ К. В. Д. турбину, то скорость будетъ близка къ предыдущей, но все-таки немного меньше вслѣдствіе потери вращающаго усилія, производимаго на лѣвомъ валу паденіемъ давленія съ 250℔ до 125℔ въ К. В. Д. турбинѣ. Если есть возможность впуска живого пара въ паровой пролетъ К. С. Д. турбины и если эта турбина сдѣлана начальной въ серіи, то говорятъ, что турбины работаютъ при К. С. Д. комбинаціи. При употребленіи этого сочетанія дыхательный клапанъ къ К. В. Д. закрытъ, и эта турбина выходитъ изъ дѣйствія для движенія судна. Она можетъ быть или совершенно разъединена отъ валовъ посредствомъ вышеупомянутой муфты и стоять не вращаясь, или она можетъ оставаться сообщенной и вращаться вхолостую въ пустотѣ съ ея продуваніемъ, открытымъ въ холодильникъ.

Приведемъ нѣкоторыя дѣйствительныя цифры. Если дыхательный клапанъ К. С. Д. открытъ настолько, что въ начальномъ паровомъ пролетѣ будетъ давленіе 215℔, то она выпускаетъ паръ въ Г. В. Д. турбину при давленіи около 85℔. Изъ Г. В. Д. турбины паръ выпускается въ обѣ турбины Н. Д. при давленіи около 18℔—20℔ и изъ нихъ въ холодильники при ихъ пустотѣ. Это и есть разница между К. В. Д. и К. С. Д. комбинаціями; въ первой на каждомъ

бортовомъ валу работаютъ по 2 турбины и одна на среднемъ валу; въ послѣдней видимъ, что на правомъ валу работаютъ 2 турбины, а на среднемъ и лѣвомъ по одной. Обѣ турбины Н. Д. работаютъ при одномъ и томъ же паденіи давленія, но правый валъ получаетъ добавочное вращающее усиліе отъ паденія давленія съ 215% до 85% въ К. С. Д. турбинѣ; поэтому число оборотовъ этого вала будетъ больше, чѣмъ двухъ другихъ валовъ. Дѣйствительныя цифры при вышеприведенныхъ давленіяхъ будутъ слѣдующія: лѣвый валъ дѣлаетъ 557 оборотовъ въ 1 минуту; средній валъ 550 оборотовъ въ 1 минуту, а правый валъ 628 оборотовъ въ 1 м. Вообще, при ходѣ при К. С. Д. комбинаціи число оборотовъ праваго вала будетъ, приблизительно, на 10% больше, чѣмъ средняго и лѣваго валовъ. Достойно упоминанія то, что на истребителяхъ валы такъ сближены между собою и винты сравнительно такъ малы, что увеличенное число оборотовъ праваго вала, повидимому, не производитъ большого вліянія на руль. На броненосцахъ же или, вообще, при большихъ установкахъ, снабжаемыхъ крейсерскими турбинами, обыкновенно ставятъ крейсерскія турбины на среднихъ валахъ и этимъ существенно уменьшаютъ вліяніе увеличеннаго числа оборотовъ одного вала на руль.

Какъ было въ случаѣ К. В. Д. комбинаціи, давленіе, а слѣдовательно и скорость судна, регулируется однимъ дыхательнымъ клапаномъ, называемымъ дыхательнымъ клапаномъ К. С. Д. Такъ какъ это давленіе можетъ быть сдѣлано любымъ въ предѣлахъ рабочаго котельнаго давленія, то К. С. Д. комбинація можетъ употребляться для любой скорости отъ О до развиваемой ею предѣльной скорости, т. е. той скорости, которая достигается поддержкой максимальнаго рабочаго давленія въ ея впускномъ паровомъ пролетѣ. Она, обыкновенно, бываетъ около 80% отъ полной скорости; развиваемая сила составляетъ около 35% отъ полной силы. Эта комбинація наиболѣе экономична для всѣхъ скоростей между верхнимъ предѣломъ К. В. Д. комбинаціи и своимъ верхнимъ предѣломъ, но при своей наивысшей предѣльной скорости употребляется рѣдко по причинамъ, которыя будутъ объяснены ниже.

Г. В. Д. комбинація. Изъ того, что было сказано о двухъ другихъ комбинаціяхъ слѣдуетъ, что въ этомъ случаѣ паръ совершенно не впускается въ обѣ крейсерскія турбины, а изъ котловъ идетъ непосредственно въ Г. В. Д. турбину, отсюда выпускается въ двѣ турбины Н. Д., а потомъ въ холодильники. Давленіе пара въ Г. В. Д. турбинѣ, а вслѣдствіе этого и скорость судна, регулируются дыхательнымъ клапаномъ, извѣстнымъ подъ именемъ дыхательнаго клапана Г. В. Д. При этой комбинаціи числа оборотовъ въ минуту всѣхъ трехъ валовъ почти одинаковы. Крейсерскія турбины могутъ быть вполнѣ разъединены посредствомъ установленныхъ муфтъ или могутъ вращаться вхолостую въ пустотѣ съ продуваніемъ открытымъ въ холодильникъ.

Маневрирующая комбинація. Обращаясь опять къ фиг. 4 (и представляя въ воображеніи не показанное на этой фигурѣ расположеніе турбинъ задняго хода) будетъ видно, что каждая изъ турбинъ К. В. Д., К. С. Д. и Г. В. Д. можетъ быть употребляема только для хода впередъ и только въ связи съ какой-нибудь другою турбиною. Напримѣръ, паръ изъ К. В. Д. турбины можетъ пройти въ холодильникъ только черезъ К. С. Д., Г. В. Д. и, наконецъ, одну изъ турбинъ Н. Д. (клапана на выпускномъ трубопроводѣ даютъ возможность выключить одну турбину Н. Д. и направить весь отработавшій паръ изъ Г. В. Д. турбины въ одну турбину Н. Д.). Паръ изъ К. С. Д. турбины можетъ дойти до холодильника, пройдя черезъ Г. В. Д. и, по крайней мѣрѣ, одна изъ турбинъ Н. Д. должна вращаться вмѣстѣ съ нею. Слѣдовательно, независимо могутъ работать только 2 бортовыхъ вала въ томъ случаѣ, когда паръ изъ котловъ подводится непосредственно къ турбинамъ Н. Д. Такъ какъ на среднемъ валу нѣтъ турбины задняго хода и такъ какъ этотъ валъ можетъ вращаться на передній ходъ только въ связи съ другими валами, то нѣтъ причины для установки третьяго машиннаго телеграфа. При маневрированіи турбины К. В. Д., К. С. Д. и Г. В. Д. вполнѣ выключаются изъ дѣйствія, а паръ посредствомъ особаго приспособленія пускается изъ котловъ непосредственно къ двумъ турбинамъ Н. Д., такъ что бор-

товые валы могутъ вращаться независимо, какъ отъ средняго вала, такъ и одинъ отъ другого. Такимъ же образомъ паръ можетъ быть подведенъ къ каждой или къ двумъ турбинамъ задняго хода. Первоначальная трехвальная установка съ 5 турбинами обращается при маневрированіи въ двухвальную съ одною реверсивною турбиною на каждомъ валу. Комбинированная турбина Н. Д. и задняго хода при такомъ способѣ употребленія называется маневрирующею турбиною, и для сигналовъ съ мостика въ машинное отдѣленіе установлены 2 обыкновенныхъ машинныхъ телеграфа— лѣваго и праваго бортовъ. Начало маневрированія опредѣляется тогда, когда приказанія съ мостика по машиннымъ телеграфамъ принимаютъ такой характеръ какъ: требованіе различныхъ скоростей на каждомъ бортовомъ валу, напр., «лѣвая полный впередъ», «правая малый впередъ», или, во-вторыхъ, требованіе вращенія каждаго или двухъ бортовыхъ валовъ назадъ. При этихъ условіяхъ должны употребляться, такъ называемыя, маневрирующія турбины и ни при какихъ другихъ обстоятельствахъ онѣ не должны работатъ. Это будетъ разобрано подробно въ одной изъ послѣдующихъ главъ, а здѣсь только необходимо установить, что маневрирующія турбины, какъ таковыя, очень неэкономичны и ихъ напрасное употребленіе даетъ въ результатѣ чрезмѣрное изнашиваніе установки и безполезную трату угля. Во время маневрированія дыхательные клапана К. В. Д., К. С. Д. и Г. В. Д. закрыты плотно, а продуванія изъ этихъ турбинъ открыты въ холодильники. Онѣ, слѣдовательно, вращаются вхолостую въ пустотѣ, иногда впередъ, иногда назадъ съ небольшими вентиляціонною и фрикціонною потерями. Замѣтимъ, что въ томъ случаѣ, когда крейсерскія турбины сообщены, онѣ получаютъ движеніе въ каждомъ направленіи отъ валовъ маневрирующихъ турбинъ, а Г. В. Д. турбина вращается только тогда, когда скорость судна по водѣ дѣлается достаточной, чтобы стронуть средній винтъ и провернуть этотъ валъ.

Въ приказаніе для приготовленія къ ходу, обыкновенно, включаютъ требуемую постоянную скорость, и первая обязанность механика рѣшить вопросъ относительно количе-

ства котловъ и рода комбинаціи въ смыслѣ выгоды и готовности къ различнымъ скоростямъ въ такихъ предѣлахъ, какіе можно ожидать съ вѣроятіемъ на основаніи предыдущихъ опытовъ. Если скорость близка къ границѣ между двумя комбинаціями и судно находится въ эскадрѣ, то болѣе подходящею въ этомъ случаѣ будетъ высшая комбинація, иначе при требованіи съ мостика увеличеннаго хода все равно будетъ необходимо 'перейти на нее. Другая причина предпочтенія высшей комбинаціи та, что при употребленіи низшей близко къ ея верхнему предѣлу мощности, необходимо поддерживать высокое котельное давленіе съ вѣроятностью продолжительнаго травленія пара предохранительными клапанами. Напр., если при извѣстной скорости требуется 235℔ давленія въ К. В. Д. турбинѣ, а отъ котловъ до турбинъ теряется въ трубопроводѣ 15℔, тогда въ котлахъ должно поддерживаться по крайней мѣрѣ 250℔. Если предохранительные клапана котловъ начинаютъ травить при давленіи 255℔, то при стараніи поддержать требуемое давленіе 250℔, эти клапана будутъ, вѣроятно, часто подниматься. Для той же самой скорости было бы потребно, можетъ быть, только 125℔ въ К. С. Д. турбинѣ и въ этомъ случаѣ котельное давленіе могло бы поддерживаться около 175℔. Количество топлива въ каждомъ случаѣ будетъ сожжено почти одно и то же, такъ какъ К. С. Д. требуетъ много ббльшій объемъ пара, хотя и при болѣе низкомъ давленіи и, слѣдовательно, должно быть испарено больше воды, хотя паръ и не поднимается до такого высокаго давленія, какое требуется при К. В. Д. комбинаціи. Разница въ выгодѣ между двумя комбинаціями при скорости близкой къ верхнему предѣлу нижней комбинаціи практически О и, какъ будетъ показано далѣе, эта комбинація по практическимъ причинамъ можетъ даже быть предпочтительнѣе высшей комбинаціи. Какимъ бы то ни было образомъ, основаніе выбора комбинаціи есть предметъ, требующій самаго серьознаго размышленія и наиполнѣйшаго знанія мѣстныхъ условій и условій плаванія, для того, чтобы вся установка была чрезвычайно «эластична», если можно употребить этотъ терминъ. Напримѣръ, если при ходѣ со скоростью очень близ-

кою къ верхнему предѣлу К. В. Д. комбинаціи потребуется незначительное увеличеніе скорости, то можетъ быть открытъ бай-пассъ съ перваго на третье расширеніе этой турбины. Если въ этой турбинѣ все еще поддерживается то же самое начальное давленіе, то, очевидно, что давленіе въ К. С. Д. турбинѣ и во всѣхъ другихъ турбинахъ увеличится съ соотвѣтствующимъ увеличеніемъ числа оборотовъ и скорости. Вмѣсто употребленія бай-пасса можетъ быть слегка пріоткрытъ регистръ К. С. Д. и этимъ увеличено давленіе въ К. С. Д. турбинѣ и во всѣхъ турбинахъ слѣдующихъ за нею въ серіи, а, слѣдовательно, увеличена и скорость. Проводя эту мысль далѣе, можетъ быть пріоткрытъ регистръ Г. В. Д., и давленіе увеличится въ этой турбинѣ и въ двухъ турбинахъ Н. Д. Если употреблялась съ самаго начала К. С. Д. комбинація, то подобнымъ же образомъ можетъ быть употребленъ ея бай-пассъ или слегка можетъ быть пріоткрытъ дыхательный клапанъ Г. В. Д. Хотя употребленіе дыхательныхъ клапановъ для увеличенія скорости на время и вполнѣ правильно, но надо запомнить, что они должны быть открываемы съ предосторожностью и никогда не открываться настолько, чтобы произвести чрезмѣрное противодавленіе въ турбинахъ непосредственно передъ ними въ серіи. Такое употребленіе дыхательныхъ клапановъ вообще не экономично и не должно примѣняться ни въ какихъ другихъ случаяхъ, кромѣ временнаго увеличенія скорости.

Можно сказать съ большимъ вѣроятіемъ, что крейсерскія турбины, какъ таковыя, уничтожатся черезъ нѣсколько лѣтъ. Онѣ не включены въ послѣдніе проэкты Британскихъ судовъ и, за исключеніемъ истребителей, вѣроятно не будутъ устанавливаться на слѣдующихъ судахъ. Можно показать, что разница въ выгодѣ при низкихъ скоростяхъ между К. В. Д. и Г. В. Д. комбинаціями составляетъ только 8%—10% и незначительнымъ измѣненіемъ конструкціи Г. В. Д. турбины эта разница, весьма вѣроятно, можетъ быть уменьшена до 2%—3%; эта потеря все-таки существуетъ, несмотря на выигрышъ въ вѣсѣ и мѣстѣ и упрощеніи трубопроводовъ съ клапанами при отсутствіи К. В. Д. При по-

слѣднихъ проэктахъ включаютъ въ Г. В. Д. турбину то, что называется «крейсерскимъ элементомъ», т. е. увеличиваютъ длину и число расширеній Г. В. Д. турбины и используютъ при малыхъ силахъ паръ по всему ряду расширеній. При полной же силѣ паръ перепускается помимо первыхъ нѣсколькихъ ступеней на большія лопатки третьяго и четвертаго расширеній. Одна изъ главнѣйшихъ причинъ, задерживающихъ уничтоженіе крейсерскихъ турбинъ, это увеличивающееся признаніе цѣнности использованія отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ на низкихъ ступеняхъ расширенія и слѣдующее отсюда увеличеніе экономичности. Этотъ пунктъ впослѣдствіи будетъ разсмотрѣнъ болѣе подробно.

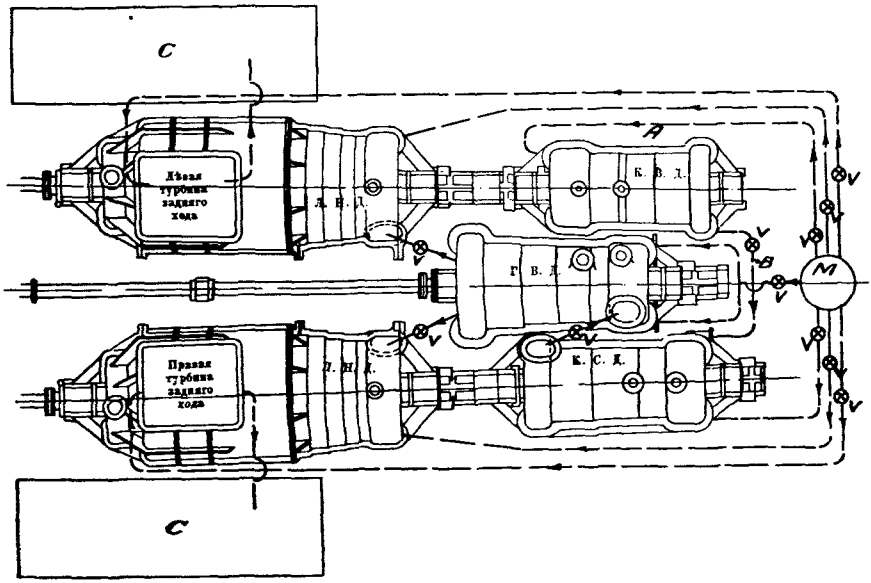
Глава IV.

Главный паровой трубопроводъ.

Говоря вообще, паръ отъ одной половины котловъ ведется въ корму по борту судна къ главному стопорному клапану, помѣщенному въ верхнемъ углу носовой машинной переборки. Паръ отъ другой группы котловъ такимъ же образомъ проводится въ корму къ другому стопорному клапану въ противоположномъ углу на той же переборкѣ. Эти два стопорные клапана (простые угловые клапана) соединяются съ главнымъ регуляторнымъ клапаномъ, корпусъ котораго образуетъ верхнюю часть главнаго парового патрубка или коллектора (названіе, данное большимъ цилиндрическимъ отливкамъ, которыя имѣютъ отростки, клапана и т. п., и отъ которыхъ паръ берется ко всѣмъ турбинамъ). Этотъ коллекторъ устанавливается въ діаметральной плоскости судна и обыкновенно закрѣпленъ къ носовой переборкѣ машиннаго отдѣленія, которая спеціально подкрѣпляется для его поддержки. Паръ отъ этого коллектора подводится къ различнымъ турбинамъ, какъ указано на эскизной фиг. 7 линіями, показывающими только направленія трубопроводовъ, но не точное расположеніе ихъ въ машинномъ отдѣленіи. Обращаясь къ предыдущей главѣ, гдѣ описано употребленіе различныхъ комбинацій, будетъ очевидно, что должны быть установлены слѣдующіе паропроводы:

1. Непосредственное соединеніе главнаго парового патрубка съ начальнымъ или впускнымъ паровымъ пролетомъ К. В. Д. турбины.

2. Подобное соединененіе съ К. С. Д. паровымъ пролетомъ.



Фиг. 7.

3. Такое же соединеніе съ Г. В. Д. паровымъ пролетомъ.

4. Подобное соединеніе съ впускнымъ пролетомъ каждой турбины Н. Д. и впускнымъ пролетомъ каждой турбины задняго хода.

5. Для удовлетворенія условіямъ главы III, во всѣхъ этихъ линіяхъ трубъ должны быть установлены соотвѣтствующіе клапана такъ, чтобы коллекторъ можно было соединять съ любой или всѣми турбинами одновременно.

6. Соединеніе выпускного пролета К. В. Д. турбины съ впускнымъ пролетомъ К. С. Д. турбины.

7. Подобное соединеніе К. С. Д. выпускного пролета съ впускнымъ пролетомъ Г. В. Д.

8. Два подобныхъ соединенія выпускного пролета Г. В. Д. съ двумя впускными пролетами турбинъ Н. Д.

9. Хотя прежде и не было упомянуто, но должны быть установлены на этихъ трубопроводахъ между различными турбинами соотвѣтствующіе клапана, которые должны за-

крываться и не допускать входа пара съ задней стороны въ тѣ турбины, которыя не работаютъ, а вращаются вхолостую въ пустотѣ.

На фиг. 7 показано схематически расположеніе различныхъ указанныхъ клапановъ. Есть одна особенность, которая достойна замѣчанія: впускной трубопроводъ К. В. Д. турбины присоединяется къ этой турбинѣ съ задняго конца и теченіе пара черезъ эту турбину происходитъ отъ задняго къ переднему концу относительно ея положенія въ суднѣ. Проэктируется такое расположеніе только для сбереженія вѣса и упрощенія трубопровода. Въ нѣкоторыхъ установкахъ К. В. Д. турбина стоитъ передней стороной въ носъ, такъ же какъ и остальныя турбины. Очевидно, что паровая труба А, какъ впускная, много меньшаго діаметра и, слѣдовательно, легче по вѣсу, чѣмъ выпускная труба В. Если К. В. Д. турбина помѣщена передней стороной въ носъ, тогда труба А, болѣе легкая, была бы короткой частью между коллекторомъ и переднею стороною турбины, а труба В, болѣе тяжелая, была бы длиннѣе, такъ какъ она въ этомъ случаѣ шла бы отъ задняго конца К. В. Д. поперекъ судна къ переднему концу К. С. Д. турбины. Если лѣвый валъ при ходѣ впередъ вращается на бортъ, а К. В. Д. турбина сдѣлана для вращенія вала внутрь судна, то можно перемѣнить ея положеніе и сдѣлать трубу меньшаго діаметра болѣе длинною, а тяжелая выпускная труба будетъ только короткимъ кускомъ В. Дѣйствительная выгода въ вѣсѣ здѣсь незначительна, но выигрышъ въ мѣстѣ въ этой части машиннаго отдѣленія и упрощеніе трубопровода представляютъ значительную выгоду. Другая особенность та, что впускная труба въ К. В. Д. турбину раздѣляется по выходѣ изъ коллектора на двѣ меньшихъ трубы; паръ, слѣдовательно, входитъ въ турбину въ двухъ, почти діаметрально противоположныхъ мѣстахъ парового пролета. Этимъ устройствомъ слегка упрощается первоначальная отливка цилиндра Г. В. Д. турбины и въ тоже самое время большая теплота входящаго пара раздѣляется, а не сосредотачивается въ одной точкѣ.

Типъ клапановъ, установленныхъ на выпускныхъ трубахъ изъ К. В. Д. въ К. С. Д., изъ К. С. Д. въ Г. В. Д. и изъ Г. В. Д.

въ турбины Н. Д., извѣстенъ подъ названіемъ самозапирающагося невозвратнаго клапана съ пружинной нагрузкой. Всѣ клапана на этихъ выпускныхъ трубахъ одинаковаго типа и исполняютъ однѣ и тѣ же функціи, такъ что описаніе одного будетъ общимъ для всѣхъ. Возьмемъ для примѣра выпускной трубопроводъ изъ К. В. Д. въ К. С. Д. турбину: если судно идетъ при К. В. Д. комбинаціи и желательно сразу перейти на К. С. Д. комбинацію, тогда, послѣ закрытія дыхательнаго клапана К. В. Д., открытія ея продуванія и открытія дыхательнаго клапана К. С. Д., давленіе въ К. В. Д. турбинѣ сразу перемѣнится, скажемъ, съ 230 ℔ на 1□" на—12 ℔ и паръ начальнаго давленія въ К. С. Д. турбинѣ стремился бы пойти обратно въ К. В. Д. Тогда автоматически закрывается этотъ клапанъ и предотвращается такой побѣгъ пара.

Клапанъ по виду такой же, какъ обыкновенный проходной клапанъ и установленъ такъ, что можетъ автоматически запираться и удерживаться закрытымъ обратнымъ давленіемъ, но отличается отъ обыкновеннаго самозапирающагося клапана тѣмъ, что маховикъ дѣйствуетъ на свободное кольцо на шпинделѣ клапана и это даетъ возможность закрывать и закрѣплять клапанъ въ закрытомъ положеніи, но не открывать его. Поворачивая маховикъ закрытаго клапана въ положеніе открытія, регулируемъ только величину подъема клапана, но для его открытія требуется давленіе пара со стороны К. В. Д. или иногда требуется отдѣлить клапанъ отъ его гнѣзда вручную. Вѣсъ клапана и треніе штока въ набивочной коробкѣ компенсируется двумя слабыми пружинами, которыя закрѣпляются одними концами къ корпусу клапана по бокамъ его, а другими къ поперечинѣ, прикрѣпленной на нѣкоторомъ разстояніи къ штоку клапана. Эти пружины предназначаются для удержанія клапана всегда плотно прижатымъ къ гнѣзду, если нѣтъ давленія, которое заставило бы его открыться. Обращаясь опять къ фиг. 5 будетъ видно, какъ установлены эти клапана съ пружинами и маховиками между К. В. Д. и К. С. Д. турбинами и между К. С. Д. и Г. В. Д.

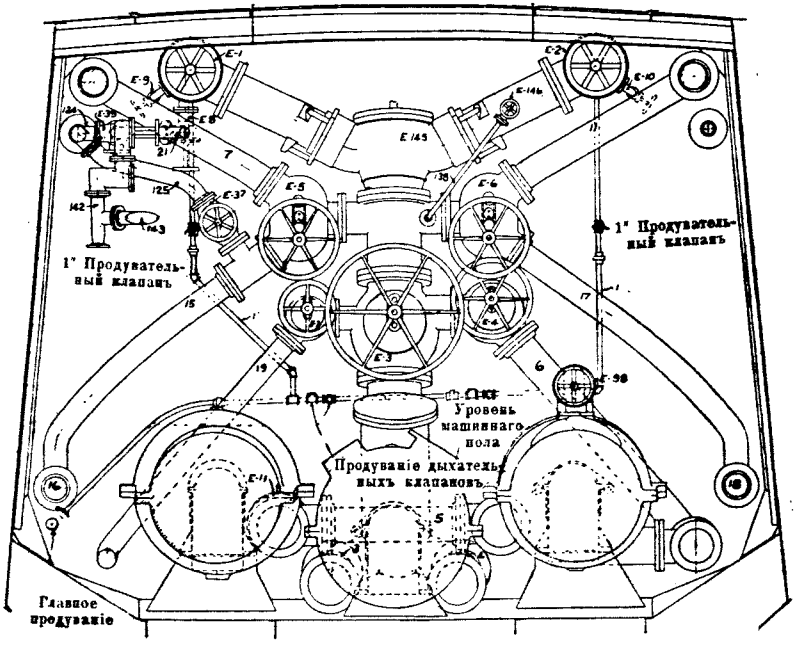
Во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ паръ входитъ въ турбину, какъ изъ главнаго парового патрубка, такъ и изъ магистрали

отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ, устанавливаются фильтры для пара. Фильтръ состоитъ изъ спеціальнаго корпуса съ фланцами для укрѣпленія его къ трубамъ паропровода; въ него, посредствомъ съемной крышки, помѣщено сито, въ видѣ продыравленой мѣдной корзины, которое расположено такъ, что паръ входитъ чрезъ открытый верхъ и выходитъ черезъ дыры фильтра. Корпусъ отлитъ достаточной величины, чтобы получить достаточно большую площадь дыръ, равную или превосходящую поперечное сѣченіе трубы. Для открытія фильтра при осмотрѣ и очисткѣ, крышка укрѣплена на болтахъ къ фланцу корпуса фильтра, и послѣ отдачи этихъ болтовъ и съема крышки, вся сѣтка можетъ быть вынута изъ корпуса. Функція фильтра — улавливать и не допускать входа въ турбину всякихъ постороннихъ веществъ, которыя могутъ повредить лопатки.

Фильтры должны періодически осматриваться и очищаться. Эти осмотры должны быть особенно частыми и возможно тщательными въ теченіе перваго времени послѣ сдачи, потому что все, что могло быть оставлено въ котлахъ и трубопроводѣ, какъ напр., болты, гайки и т. п. пойдетъ въ эти фильтры. Части металла не только забиваютъ фильтръ и уменьшаютъ площадь дыръ, но также, если остаются на продолжительный періодъ въ соприкосновеніи съ мѣдью сита, служатъ причиною появленія разъѣданія, которое можетъ испортить часть сѣтки и уменьшить ея производительность. Хотя главная функція фильтра—не допускать входить въ турбину тяжелымъ кускамъ, какъ упомянуто выше, но, нѣтъ сомнѣнія, что онъ также служитъ предохранителемъ лопатокъ отъ ударовъ болѣе или менѣе значительныхъ массъ воды, увлекаемыхъ при вскипаніи котловъ. Очевидно, что плотная масса воды разбивается на мелкія части, когда она проходитъ черезъ сѣтку фильтра, и удары на лопатки сильно уменьшаются.

Выпускныя трубы изъ турбинъ Н. Д. въ холодильники имѣютъ ту особенность, что вмѣсто обыкновенныхъ трубъ онѣ сдѣланы коробчатыми прямоугольнаго сѣченія изъ листовой стали и подкрѣплены наружными ребрами.

Такъ какъ объемъ пара, входящаго въ холодильникъ, очень большой, соотвѣтственно поддерживаемой большой пустотѣ и, слѣдовательно, большой степени расширенія, то эта конструкція даетъ возможность сдѣлать выпускную трубу достаточныхъ размѣровъ съ большой выгодой въ смыслѣ упрощенія трубопровода и сбереженія вѣса. Ввиду поддерживаемой большой пустоты и низкой температуры выпускаемаго пара, нѣтъ необходимости обшивать эту трубу; исключая полнаго хода она всегда холодная на ощупь и никогда не бываетъ теплѣе, чѣмъ окружающій воздухъ въ этой части машиннаго отдѣленія. На выпускномъ патрубкѣ не устанавливается никакого клапана, вѣроятно, вслѣдствіе его большихъ размѣровъ, и поэтому невозможно вполнѣ разъединить холодильникъ отъ турбины Н. Д., не снявъ вполнѣ выпускной трубы и не поставивъ глухихъ фланцевъ на патрубокъ турбины и холодильника. Теперь вводится изготовленіе лазовъ въ этихъ патрубкахъ, такъ какъ это



Фиг.8.

даетъ легкій способъ осмотра верхнихъ частей холодильника и выпускныхъ сторонъ турбины Н. Д. и задняго хода.

Главный паровой патрубокъ. Фиг. 8 показываетъ видъ главнаго парового патрубка и общій видъ трубъ въ носовой части машиннаго отдѣленія. Вмѣстѣ съ фиг. 8 надо разсматривать фиг. 6, которая показываетъ фотографію этой части машиннаго отдѣленія. Е—1 и Е—2 фигуры 8 суть переборочные стопорные клапана, а Е—145 главный регуляторный клапанъ (штока клапана и привода отъ регулятора не видно), Е—3—дыхательный клапанъ Г. В. Д. или главный дыхательный клапанъ, управляющій впускомъ пара въ Г. В. Д. турбину. Е—7 дыхательный клапанъ К. В. Д. и—19 паровой трубопроводъ къ этой турбинѣ; Е—4 дыхательный клапанъ К. С. Д. турбины и 6 паровая труба въ К. С. Д. турбину; Е—5 и Е—6 маневрирующіе клапана для впуска пара въ маневрирующія турбины. 7 и 11 паровые трубопроводы къ турбинамъ задняго хода, а 15 и 17 паропроводы къ турбинамъ передняго хода Н. Д.

Главный регуляторный клапанъ. Причина установки этой детали довольно не ясна; вѣроятно этотъ клапанъ устанавливается по аналогіи съ регуляторными клапанами береговыхъ турбогенераторныхъ установокъ. При послѣднихъ проэктахъ онъ теперь исключается и поэтому описанъ будетъ только вкратцѣ. На каждомъ валу установлена червячная передача, дѣйствующая на регуляторъ шаровой системы. Когда скорость валовъ превыситъ извѣстный предѣлъ (опредѣленный и измѣняемый положеніемъ шаровъ регулятора), регуляторъ приводитъ въ дѣйствіе посредствомъ тягъ и рычаговъ зацѣпку (собачку), которая освобождаетъ клапанъ и позволяетъ ему автоматически закрыться подъ давленіемъ пара. Есть также приводъ, посредствомъ котораго этотъ клапанъ можетъ быть открыть или закрыть съ палубы недалеко отъ машиннаго люка. Это довольно цѣнная его черта, такъ какъ въ случаѣ разрыва паровой трубы или подобнаго случая въ машинномъ отдѣленіи, паръ можетъ быть совершенно выключенъ изъ этого помѣщенія съ верхней палубы.

Между прочимъ, при конструированіи клапана, особенное

вниманіе обращается на то, чтобы онъ моментально закрывалъ паръ въ турбины на любомъ валу, который можетъ внезапно лишиться нагрузки вслѣдствіе излома самого вала или вслѣдствіе потери винта. Существуетъ теорія, что при такихъ условіяхъ турбина «бросится», съ вѣроятіемъ совершенной поломки, прежде, чѣмъ будетъ остановлена. Но этотъ вопросъ еще долженъ быть рѣшенъ дѣйствительнымъ опытомъ. Большинство механиковъ теперь увѣрены, по крайней мѣрѣ, въ случаѣ турбины Парсонса, что внезапное уменьшеніе нагрузки даетъ въ результатѣ только незначительное увеличеніе скорости вращенія, такъ что возможно остановить турбину обыкновенными средствами вовремя и предупредить большое поврежденіе. Теоретически, скорость пара никогда не можетъ быть больше двойной скорости лопатокъ, такъ что, казалось бы, что наибольшая возможная скорость, которую можетъ имѣть турбина, будетъ только въ два раза больше, чѣмъ она имѣла передъ этимъ. Центробѣжныя разрывающія силы увеличиваются пропорціонально квадрату скорости и современныя конструкціи способны противостоять увеличенной нагрузкѣ, даже, если турбина дѣлала бы двойное число оборотовъ при потерѣ нагрузки на валу. На самомъ дѣлѣ, число оборотовъ турбины никогда не доходитъ до двойного при снятіи нагрузки. Это мнѣніе выведено изъ донесеній механиковъ турбинныхъ судовъ, по крайней мѣрѣ, для небольшихъ и легкихъ установокъ турбинъ. Значительное бросаніе наблюдалось очень рѣдко. Авторъ видѣлъ истребитель на ходу со скоростью, измѣняющеюся отъ 8 до 20 узловъ на такой большой волнѣ, что по временамъ весь винтъ выходилъ изъ воды, причемъ въ машинномъ отдѣленіи наблюдалось только весьма умѣренное увеличеніе скорости вращенія. Донесенія съ другихъ турбинныхъ судовъ, особенно съ развѣдочнаго крейсера «Chester», поддерживаютъ взглядъ, что турбины не «бросаются», если можно здѣсь употребить этотъ терминъ, примѣняемый для поршневыхъ машинъ.

Типъ регуляторовъ, установленый на первоначальныхъ истребителяхъ, совершенно не давалъ требуемыхъ результатовъ, и клапана, обыкновенно, держались закрѣпленными въ

открытомъ положеніи или вполнѣ резъединенными отъ регуляторовъ. Это правильно особенно въ томъ случаѣ, если ожидается, что судно будетъ имѣть полный или близкій къ полному ходъ, такъ какъ почти невозможно точно установить шары регулятора для опредѣленнаго числа оборотовъ послѣ того, какъ турбина вышла изъ мастерской, или быть увѣреннымъ, что приборъ будетъ функціонировать дважды при томъ же самомъ числѣ оборотовъ. Напр., на одномъ истребителѣ сомнѣвались даже строители судна, какъ установить вѣрное число оборотовъ, при которомъ регуляторъ дѣйствовалъ бы на клапанъ; такъ какъ былъ найденъ рядъ чиселъ оборотовъ отъ 800 до 1000, а полная скорость судна была при 920 оборотахъ, то клапанъ, естественно, долженъ былъ быть застопориваемъ въ открытомъ положеніи, если ожидался ходъ при числѣ оборотовъ немного больше 700. Между тѣмъ, пока вопросъ не будетъ окончательно установленъ опытомъ, онъ будетъ рѣшаться всегда по личному усмотрѣнію. Регуляторъ, если вообще онъ требуется, долженъ быть соотвѣтствующимъ своему назначенію и быть приспособленнымъ для регулировки. Съ этой точки зрѣнія настоящій типъ регулятора вполнѣ несовершененъ.

Дыхательные клапана. За исключеніемъ маневрирующихъ клапановъ, которые будутъ описаны позднѣе, всѣ дыхательные клапана суть обыкновенные клапана уравновѣшеннаго типа и управляемые очень большими и тяжелыми маховиками для облегченія быстраго открыванія и закрыванія и, такимъ образомъ, быстраго управленія турбинами. На этихъ маховикахъ выгравированы стрѣлки для указанія стороны открытія и закрытія, а штокъ каждаго клапана имѣетъ маленькій бронзовый указатель, который даетъ на планкѣ, прикрѣпленной къ корпусу клапана, величину открытія въ десятыхъ доляхъ полнаго открытія.

Маневрирующіе клапана. Эти клапана представляютъ особенность турбинной установки и, такъ какъ они состоятъ изъ двухъ клапановъ, управляемыхъ однимъ маховикомъ, то управленіе ими подобно управленію дифференціальными золотниками вспомогательныхъ механизмовъ. Обращаясь опять къ фиг. 8, видимъ, что выступающія части глав-

наго патрубка заключаютъ въ себѣ двѣ камеры, одну надъ другой; одна даетъ паръ въ маневрирующую турбину передняго хода, а другая въ турбину задняго хода. Эти клапана двухмѣстные и ихъ штоки соединены посредствомъ балансира. На каждомъ клапанномъ штокѣ установлены сильныя пружины. Одинъ конецъ балансира соединенъ посредствомъ привода со штокомъ маховика такъ, что вращеніемъ маховика въ одномъ направленіи открывается одинъ клапанъ, а въ другомъ направленіи другой. Когда оба клапана закрыты, маховикъ находится въ нейтральномъ положеніи, при которомъ онъ можетъ быть вращаемъ на долю оборота съ легкимъ усиліемъ или совсѣмъ безъ усилія. Это ощущеніе свободы маховика указываетъ нейтральное положеніе, которое кромѣ этого еще указывается стрѣлкой, прикрѣпленной къ балансиру. Слѣдовательно, въ смыслѣ впуска пара въ турбины, скорость маневрированія зависитъ отъ того насколько быстро можетъ человѣкъ вращать маховикъ отъ одного положенія до другого. На нѣкоторыхъ старыхъ установкахъ этотъ комбинированный клапанъ не установленъ. Вмѣсто него установлено 2 обыкновенныхъ дыхательныхъ клапана, и для перемѣны хода необходимо манипулировать двумя клапанами, закрывая одинъ и потомъ открывая другой. При этомъ устройствѣ возможно то, что оба клапана могутъ быть случайно открыты одновременно, давая возможность пару входить въ одно и то же время въ турбины передняго и задняго хода.

Обращаясь опять къ фиг. 8, замѣтимъ, что на паропроводѣ и главномъ патрубкѣ установлено много продувательныхъ крановъ, дающихъ возможность вполнѣ продуть всю систему трубъ непосредственно въ холодильникъ передъ открываніемъ переборочнаго стопорнаго клапана. Малая труба, обозначенная на фигурѣ — 138, есть уравновѣшивающая труба, служащая для облегченія открыванія регуляторнаго клапана въ томъ случаѣ, если онъ закрылся подъ давленіемъ.

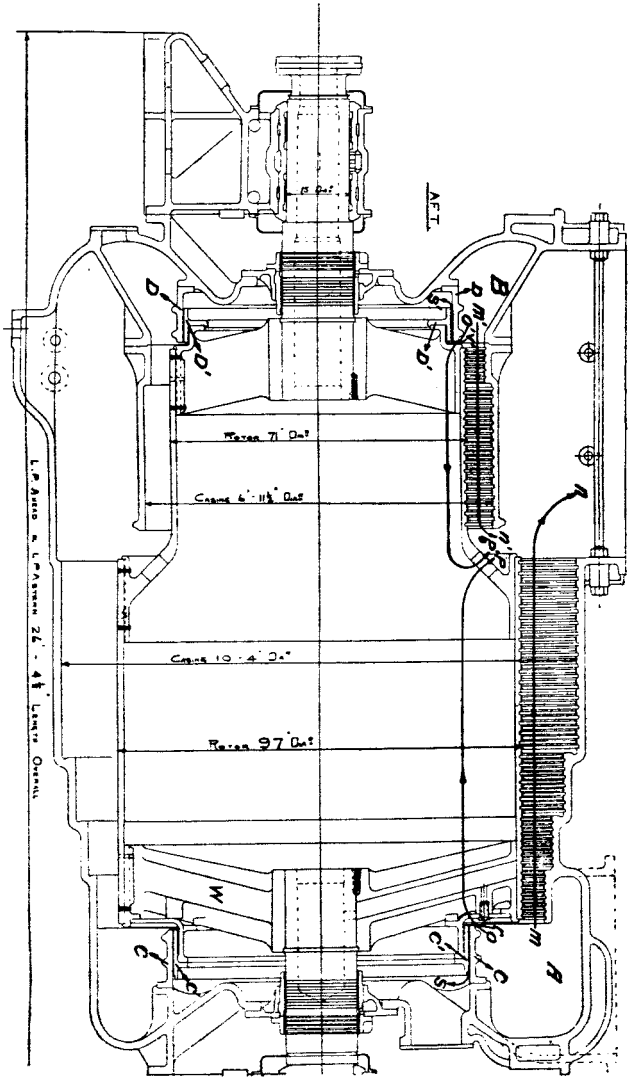
Глава V.

Думмисы.

Объясненіе устройства, называемаго думмисовой набивкою, въ настоящей главѣ со многихъ точекъ зрѣнія не совсѣмъ логично, но, такъ какъ многое въ проэктѣ турбинъ и въ ихъ дѣйствіи зависитъ отъ набивки думмисовъ и зазора въ нихъ, то функціи думмисовъ въ турбинахъ должны быть поняты возможно скорѣе. Ничто въ турбинѣ не оставалось такъ долго не понятымъ большинствомъ турбинныхъ механиковъ, какъ думмисы, и часто даже послѣ многихъ мѣсяцевъ практики, установка думмисовъ дѣлалась скорѣе механически, по правиламъ, чѣмъ вслѣдствіе дѣйствительнаго пониманія исполняемой работы. Между тѣмъ, здѣсь нѣтъ ничего непонятнаго, и знаніемъ того, что такое набивка думмисовъ и для чего она существуетъ въ турбинѣ, разрѣшаются многія трудно объяснимыя съ перваго взгляда явленія въ турбинахъ. Прежде чѣмъ будетъ опредѣленъ зазоръ въ думмисахъ, какъ таковой, необходимо точно знать причину существованія думмисовъ и функцію ихъ набивки.

Фиг. 9 показываетъ продольный разрѣзъ большой соединенной турбины Н. Д. и задняго хода. Не будемъ временно обращать вниманія на турбину задняго хода и будемъ разсматривать турбину Н. Д. просто какъ какую-то турбину передняго хода. А—есть впускной паровой пролетъ, и, такъ какъ паръ вращаетъ валъ своимъ дѣйствіемъ на лопатки, то онъ долженъ проходить черезъ нихъ, или, другими словами, пойти по пути, обозначенному на фигурѣ черезъ шп. Паръ, идя по этому пути, встрѣчаетъ сопротивленіе при своемъ теченіи, потому что долженъ производить на своемъ пути работу и, если бы былъ какой-нибудь другой путь

безъ сопротивленія отъ А въ холодильнихъ, то, очевидно, что паръ стремился бы скорѣе пойти по этому пути, чѣмъ



Фиг. 9.

по пути mn. Изъ конструкціи турбины извѣстно, что роторъ пустотѣлый и, если паръ подведенъ къ одному концу этого

ротора, а другой соединенъ съ холодильникомъ, то паръ стремился бы пойти свободнымъ путемъ въ холодильникъ черезъ полость ротора, а не путемъ, имѣющимъ сопротивленіе, т.-е. черезъ лопатки. На фигурѣ путь безъ сопротивленія черезъ полость ротора обозначенъ линіей **op**. Функція набивки думмиса запирать или укупоривать такой проходъ и заставлять паръ проходить въ холодильникъ черезъ лопатки.

Послѣ объясненія необходимости запиранія пути **op**, сами собою предопредѣляются для этого 2 способа. Первый, и болѣе очевидный—дѣлать роторъ массивнымъ, другими словами, дѣлать колесо W цѣлымъ, безъ спицъ. При такомъ способѣ возможно предупредить побѣгъ, но здравый смыслъ показываетъ, что это дало бы возможность пару въ A давить непосредственно на, своего рода, поршень, равный по размѣру поперечному сѣченію ротора, и такое давленіе произвело бы ненормальное неуравновѣшенное осевое давленіе на роторъ и отъ него передалось бы линіи валовъ. Кромѣ того, если бы это колесо было сдѣлано цѣлымъ, то, кромѣ увеличенія вѣса турбины, было бы почти невозможно устроить упорный подшипникъ, который принималъ бы такое осевое давленіе; поэтому отъ устройства цѣлаго ротора отказались. Другой способъ—это ввести между корпусомъ и роторомъ, въ нѣкоторомъ родѣ, набивку, которая не давала бы пару итти изъ парового пролета A въ холодильникъ по иному пути кромѣ **mn**.

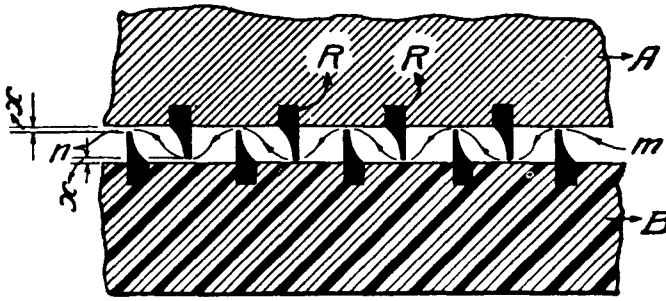
Очевидно, что ни одинъ изъ типовъ обыкновенной набивки не можетъ удовлетворить такимъ мѣстнымъ требованіямъ. Большой размѣръ ротора и необходимость укупориванія по всей его окружности требуютъ набивку безъ тренія. Другая причина такой набивки та, что при теплотѣ, въ которой она должна работать, невозможно осуществить какую либо смазку, кромѣ паровой. Такъ какъ такая набивка вполнѣ заключена въ корпусъ и доступна для осмотра только когда вскрыть корпусъ и поднять роторъ, то она не должна нуждаться въ частомъ обновленіи и не должна требовать никакой провѣрки, кромѣ той, которая можетъ быть сдѣлана средствами снаружи корпуса. Совре-

менный типъ набивки думмисовъ даетъ полное удовлетвореніе этимъ чрезвычайнымъ требованіямъ.

Обращаясь опять къ фиг. 9, увидимъ, что къ корпусу турбины прикрѣплена на болтахъ или иначе, но также неподвижно, цилиндрическая отливка съ точно обработанною на станкѣ внутреннею поверхностью. Въ малыхъ турбинахъ она, обыкновенно, отливается заодно съ корпусомъ, но на фиг. показана отлитой отдѣльно отъ корпуса и укрѣпленной къ нему болтами. Эта часть называется думмисовымъ цилиндромъ и обозначена на фиг. черезъ C; наружная его поверхность въ этой турбинѣ образуетъ внутреннюю стѣнку парового пролета A. Подобная цилиндрическая часть, тщательно обработанная по своей наружной поверхности, или отливается какъ выступъ заодно съ колесомъ ротора или прикрѣпляется къ нему. Эта часть называется думмисовымъ поршнемъ и на фиг. обозначена черезъ C'. Какъ видно, его наружный діаметръ немного меньше, чѣмъ внутренній діаметръ думмисоваго цилиндра, и, когда роторъ вращается, то и думмисовый поршень вращается въ думмисовомъ цилиндрѣ, нигдѣ его не касаясь. Это устройство, очевидно, уменьшаетъ пространство между цилиндромъ и роторомъ, черезъ которое можетъ проходить паръ, и онъ теперь будетъ стремиться просачиваться по пути rs. Чтобы предотвратить и этотъ побѣгъ пара, въ пространствѣ между думмисовыми поршнемъ и цилиндромъ помѣщается лабиринтовая набивка и она называется думмисовой набивкой.

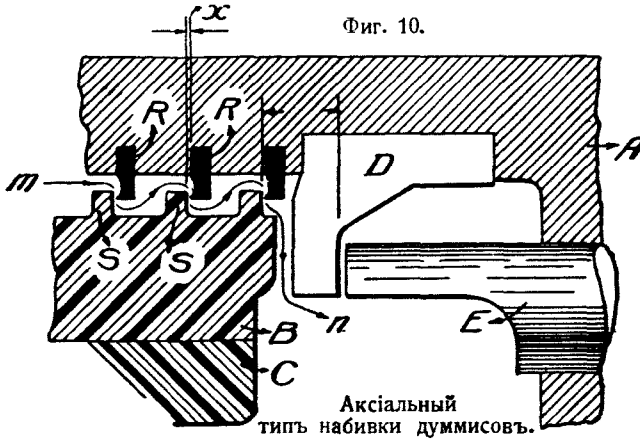
Существуютъ два типа этой набивки, извѣстныхъ какъ аксіальная и радіальная. На фиг. 10 на нижнемъ чертежѣ изображенъ аксіальный типъ, какой устанавливается въ турбинахъ передняго хода, а на верхнемъ чертежѣ радіальный типъ, который устанавливается въ турбинахъ задняго хода. Причины существованія этихъ двухъ типовъ будутъ приведены позднѣе. Разсмотримъ сначала аксіальный типъ. Наружная поверхность поршня думмиса (B на фиг. 10) обтачивается по формѣ чередующихся выступовъ (или колецъ) и канавокъ. Эти выступы обозначены черезъ SS на фиг. 10 и число ихъ измѣняется отъ 20 до 40 въ зависимости отъ размѣровъ турбины и давленія, которое будетъ въ паро-

вомъ пролетѣ. Эти выступы называются кольцами думмиса и очень точно обрабатываются, особенно на ихъ переднихъ сторонахъ. На внутренней поверхности цилиндра думмиса (*A* на фиг. 10) выточены канавки или гнѣзда и въ эти гнѣзда загнаны бронзовыя полосы, показаннаго на чертежѣ поперечнаго сѣченія и извѣстныя подъ названіемъ думми-



Радіальный типъ набивки думмисовъ.

Фиг. 10.



Аксіальный типъ набивки думмисовъ.

совыхъ полосъ. Эти полосы (*RR* на фиг.) точно размѣщены одна относительно другой и относительно колецъ думмиса, такъ что каждая полоса входитъ въ пространство между двумя сосѣдними кольцами и не вполнѣ касается кольца, но близко подходитъ къ тому, къ которому обращена ея подрѣзаная сторона. Это разстояніе или зазоръ между *R*

и S есть, такъ называемый, зазоръ въ думмисахъ и размѣщеніе полосъ должно быть выполнено такъ точно, чтобы этотъ зазоръ былъ одинъ и тотъ же между каждой полосой и кольцомъ; такъ что, всякое увеличеніе или уменьшеніе зазоровъ между кольцами и полосами должно быть общимъ и одинаковымъ для всѣхъ колецъ и полосъ. Паръ теперь при побѣгѣ изъ парового пролета во внутренность ротора долженъ проходить по пути, обозначенному черезъ mn на фиг. 10, поперемѣнно просачиваясь и расширяясь при проходѣ черезъ каждую полосу. Послѣ прохода черезъ 20 или 30 такихъ полосъ его давленіе уменьшится до очень низкаго и ясно, что количество пара, которое можетъ просочиться по другую сторону думмиса, зависитъ вполнѣ отъ величины зазора между R и S или, другими словами, отъ величины зазора въ думмисахъ.

Возвращаясь на время къ турбинѣ задняго хода, изображенной на фиг. 9, увидимъ, что здѣсь получается то же положеніе, что и въ турбинѣ передняго хода. B—паровой впускной пролетъ, $m'n'$—желаемый путь пара, $o'p'$—путь пара, если бы не было установлено думмисовыхъ поршня и цилиндра. Какъ и въ турбинѣ Н. Д., цилиндръ думмиса D прикрѣпленъ къ корпусу, а поршень думмиса D'—къ ротору. Между поршнемъ и цилиндромъ устраивается лабиринтовая набивка, отличающаяся отъ таковой же въ турбинѣ передняго хода тѣмъ, что эта турбина снабжается радіальнымъ типомъ думмисовой набивки, а не аксіальнымъ. Обращаясь къ верхнему чертежу фиг. 10, видимъ, что внутренняя поверхность цилиндра думмиса и наружная поверхность поршня сначала точно обтачиваются, а потомъ въ нихъ вытачиваются канавки. Въ эти канавки загоняются бронзовыя полосы поперечнаго сѣченія, показаннаго на фиг.; полосы цилиндра выступаютъ внутрь въ промежутки между полосами поршня и близко подходятъ, но не вполнѣ касаются поверхности поршня. Подобнымъ же образомъ, полосы поршня почти касаются внутренней стѣнки цилиндра. Путь пара, стремящагося просочиться, указанъ, какъ и ранѣе, линіей mn и дѣйствіе думмисовой набивки волоченіемъ и уменьшеніемъ давленія пара точно такое же, какъ и въ

случаѣ аксіальнаго типа. Зазоръ въ думмисахъ будетъ здѣсь X, т.-е. радіальный зазоръ, тогда какъ при аксіальномъ типѣ онъ былъ продольный; эта разница есть основаніе названій этихъ типовъ.

Изъ разсмотрѣнія главныхъ особенностей двухъ типовъ очевидно, что движеніе ротора впередъ или назадъ будетъ увеличивать или уменьшать зазоръ въ думмисахъ аксіальнаго типа, но не будетъ имѣть никакого дѣйствія на величину зазора въ думмисахъ радіальнаго типа. Снаружи корпуса есть приспособленія (детально будутъ описаны позднѣе) давать незначительныя продольныя перемѣщенія ротору и, такимъ образомъ, можетъ быть измѣняемъ аксіальный зазоръ или зазоръ въ думмисахъ передняго хода. Позднѣе будетъ показано, что переустановка этихъ зазоровъ становится время отъ времени необходимой въ связи съ изнашиваніемъ, перемѣнами силы и т. д. Если въ комбинированой съ общимъ роторомъ турбинѣ передняго и задняго хода установленъ одинъ и тотъ же типъ думмисовъ, тогда незначительное передвиженіе ротора въ каждомъ направленіи будетъ имѣть результатомъ увеличеніе зазоровъ въ однихъ думмисахъ и соотвѣтственное уменьшеніе въ другихъ; такъ какъ, если паръ входитъ съ противоположныхъ концовъ турбины и течетъ въ противоположныхъ направленіяхъ къ серединѣ, эти думмисы должны быть обращены въ противоположныя стороны.

Приведемъ цифровой примѣръ: Для этого предположимъ, что какъ на турбинѣ передняго, такъ и задняго хода установлены аксіальные думмисы и зазоръ въ думмисахъ обѣихъ турбинъ 0,020″. Желательно теперь посредствомъ устроеннаго установочнаго привода перемѣнить зазоръ въ думмисахъ передняго хода до 0,015″. Сдѣлать это—значитъ подать весь роторъ впередъ на 0,005″, а такъ какъ думмисы турбинъ передняго и задняго хода обращены въ противоположныя стороны, то такое передвиженіе ротора впередъ уменьшитъ зазоръ въ думмисахъ передняго хода до 0,015″, но увеличитъ зазоръ въ думмисахъ турбины задняго хода до 0,025″. Понятно, что вслѣдствіе чрезмѣрнаго изнашиванія можетъ стать необходимымъ уменьшить зазоръ въ думми-

сахъ передняго хода на 0,020″; но если 0,020″ прибавить къ зазору думмиса задняго хода, то это вызоветъ ненормальный побѣгъ пара черезъ этотъ думмисъ, когда эта турбина будетъ въ работѣ. Кромѣ того, если бы былъ допущенъ зазоръ 0,020″ въ каждой турбинѣ, и оба думмиса сдѣланы аксіальнаго типа, было бы необходимо ограничить перемѣщеніе ротора впередъ и назадъ до двойного этого зазора, т. е. 0,040″, такъ какъ если бы роторъ подвинулся больше, чѣмъ на эту величину, то одинъ или другой рядъ полосъ легъ бы на кольцо думмиса съ возможнымъ подплавленіемъ и полной поломкой. Современная конструкція дѣйствительно не достаточно жестка, чтобы можно было думать, что она удержитъ роторъ отъ незначительныхъ передвиженій при всѣхъ перемѣнахъ силъ и скоростей.

Чтобы предотвратить различныя трудности, которыя встрѣтились бы при установкѣ аксіальныхъ думмисовъ въ обѣихъ турбинахъ и по другой причинѣ, которая будетъ объяснена позднѣе, аксіальный типъ устанавливается въ турбинахъ передняго хода, а радіальный типъ въ турбинахъ задняго хода. Турбина передняго хода бываетъ въ дѣйствіи, конечно, больше времени, чѣмъ турбина задняго хода и при болѣе постоянныхъ условіяхъ температуры и силы; поэтому, въ этой турбинѣ устанавливается аксіальный типъ думмисовой набивки, приспособленный къ болѣе близкой установкѣ полосъ къ кольцамъ и къ точной регулировкѣ при изнашиваніи. Въ турбинахъ задняго хода устанавливается радіальный типъ, имѣющій по проэкту первоначально большій зазоръ, чѣмъ при аксіальномъ; но этотъ зазоръ сохраняется всегда одинъ и тотъ же и, чтобы ни дѣлали съ зазоромъ въ думмисахъ передняго хода, это не будетъ вліять на зазоръ въ думмисахъ задняго хода. По величинѣ, зазоръ въ думмисахъ въ турбинѣ Н. Д., обыкновенно, бываетъ около 0,010″, но иногда уменьшается до 0,004″, и 0,002″ при большихъ силахъ. Радіальный же зазоръ никогда не проэктируется меньше, чѣмъ 0,020″ до 0,030″.

Другая причина установки радіальныхъ думмисовъ въ турбинахъ задняго хода есть та, что за короткій промежутокъ времени бываетъ большое разнообразіе температуръ,

при которыхъ работаютъ эти турбины и, слѣдовательно, имѣется большая тенденція къ неравномѣрному расширенію и, слѣдующему отсюда, коробленію. Напр., въ обыкновенномъ плаваніи, когда турбины задняго хода вращаются въ пустотѣ, онѣ будутъ имѣть температуру близкую къ температурѣ, соотвѣтствующей этой пустотѣ; при внезапномъ требованіи хода назадъ, безъ возможности обогрѣть турбины задняго хода, эти турбины примутъ температуру входящаго живого пара почти мгновенно; другими словами, ихъ температура поднимается отъ 54° до 260° или 315°С настолько быстро, насколько можетъ быть быстро открытъ клапанъ. Предвидя ненормальныя и неравномѣрныя расширенія въ этихъ турбинахъ соотвѣтственно такимъ внезапнымъ и сильнымъ колебаніямъ температуръ, всѣ зазоры въ турбинахъ задняго хода проектированы немного больше, чѣмъ въ турбинахъ передняго хода. Эти большіе зазоры даютъ въ результатѣ, конечно, потерю въ экономичности, но такъ какъ турбины задняго хода бываютъ въ работѣ малое время, то эта потеря не особенно важна.

Прежде дѣлали планки думмисовъ прямоугольнаго сѣченія и отношеніе другъ къ другу двухъ сосѣднихъ поверхностей, трущихся при случайномъ соприкосновеніи одна по другой, было больше, чѣмъ при современномъ подрѣзаномъ типѣ. При старомъ типѣ, когда думмисы приходили въ касаніе, случайно или по ошибкѣ при исправленіи невѣрной установки, поврежденія, обыкновенно, были такія, какъ полная поломка турбины. Если роторъ вращается съ большой скоростью, треніе между кольцами думмиса и полосами обыкновенно даетъ достаточно тепла для сплавленія обоихъ въ одну массу, выводя турбину совершенно изъ дѣйствія и вызывая необходимость дорогого ремонта. При современномъ типѣ случайное касаніе никогда не бываетъ серьозно, если только оно непродолжительно. Колецъ думмиса касаются только острыя кромки, а не поверхность, и эти кромки такъ тонки, что онѣ могутъ стереться безъ образованія достаточнаго для плавленія тепла. Такое касаніе, обыкновенно, имѣетъ результатомъ небольшое истираніе касающихся кромокъ планокъ и, можетъ быть, выработку незначительныхъ канавокъ на

сосѣднихъ поверхностяхъ колецъ думмиса. Незначительное касаніе на короткое время можетъ скорѣе увеличить, нежели уменьшить эффектъ думммисовой набивки, дѣлая путь пара болѣе извилистымъ и стѣсненнымъ при проходѣ черезъ думмисы. Фактически практикуется притирка думмисовъ въ мастерской до установки турбины на суднѣ. Роторъ вызывается впередъ, держится насколько возможно ближе къ нулевому зазору и вращается на нѣсколько оборотовъ въ то время какъ планки находятся въ дѣйствительномъ касаніи съ кольцами; дѣлается это для того, чтобы обезпечить равномѣрное истираніе и одинаковый зазоръ по всей окружности колецъ.

Когда турбина Н. Д. праваго борта судна С. А. С. Ш., «Preston» была вскрыта для осмотра въ сентябрѣ 1910 года, почти послѣ года работы, планки и кольца ясно показывали, что они иногда бывали въ соприкосновеніи. На другомъ истребителѣ, еще при закрытой турбинѣ, условія снаружи корпуса показывали, что планки сносились, по крайней мѣрѣ, на 0,020″. Соприкосновеніе было вслѣдствіе неисправности въ установочномъ подшипникѣ, и не было извѣстно, какъ долго полосы были въ дѣйствительномъ соприкасаніи. Ни малѣйшаго замѣтнаго признака поврежденія или уменьшенія экономичности этой турбины не было.

Теперь будетъ ясна причина установки муфты между крейсерской турбиною и турбиною Н. Д. на каждомъ бортовомъ валу. Муфта спроэктирована такъ, что допускаетъ, не прерывая передачи вращающаго усилія, небольшое, независимое продольное передвиженіе роторовъ каждой турбины, а это даетъ мозможность установить независимые зазоры въ думмисахъ въ каждой турбинѣ и снабдить каждую аксіальнымъ типомъ думмисовъ. Разсматривая, напримѣръ, правый, валъ, на которомъ установлены К. С. Д. и П. Н. Д. турбины, увидимъ, что каждая изъ этихъ турбинъ смотритъ впередъ, т. е. ихъ впускные паровые пролеты находятся на ихъ переднихъ концахъ относительно ихъ положенія въ суднѣ, и каждый роторъ укупоренъ противъ побѣга пара аксільнымъ типомъ набивки думмисовъ. Если бы соединяющій валъ былъ бы неизмѣннымъ и каждый роторъ

былъ бы закрѣпленъ неподвижно на этомъ валу, то движеніе впередъ или назадъ одного ротора имѣло бы результатомъ подобное передвиженіе другого, и, слѣдовательно, измѣненіе зазора въ думмисахъ К. С. Д. турбины на 0,010″ сопровождалось бы соотвѣтствующимъ измѣненіемъ зазора въ думмисахъ турбины Н. Д.

Чтобы обезпечить необходимое независимое движеніе каждаго ротора и въ то же время передачу валамъ вращающаго усилія крейсерской турбины, между двумя турбинами установлена скользящая муфта. Задній конецъ вала ротора крейсерской турбины по выходѣ изъ подшипника имѣетъ обыкновенную муфту въ видѣ фланца, но вмѣсто дыръ для болтовъ, на наружной поверхности сдѣланы продольныя канавки, такъ что муфта получается какъ бы зубчатой. Передній конецъ вала ротора турбины Н. Д., по выходѣ изъ переднаго подшипника, имѣетъ подобный зубчатый фланецъ и между сосѣдними торцами фланцевъ оставлено пространство отъ $^1/_4$″ до $^3/_4$″. На эти муфты одѣто свободно кольцо, скользящее по валу и выточками и выступами на своей внутренней поверхности входящее въ соотвѣтствующія канавки и выступы фланцевъ валовъ. Для того, чтобы соединить валы, надо только повернуть одинъ роторъ пока гнѣзда на фланцѣ его вала не станутъ напротивъ гнѣзъ въ другомъ и тогда продвинуть кольцо вдоль по валу такъ, чтобы его выступы заняли мѣста въ гнѣздахъ обоихъ фланцевъ. Фиг. 2 показываетъ внѣшній видъ фланца и муфты; муфта лежитъ на полу мастерской какъ разъ подъ зубчатымъ фланцемъ. На фиг. 1 видно сѣченіе черезъ такую муфту. Для разъединенія валовъ, кольцо надо двигать по валу, пока оно не сойдетъ съ одного фланца. Всѣ части соединеній и фланцевъ пригоняются довольно туго, такъ что сгонять муфту необходимо легкими ударами мѣднаго молота. Для предотвращенія какого либо случайнаго сдвига муфты въ продольномъ направленіи устанавливается стопорный болтъ. Онъ служитъ для удержанія кольца въ правильномъ положеніи все время, но ни въ коемъ случаѣ не мѣшаетъ независимому передвиженію каждаго ротора. Такъ какъ важно, чтобы кольцо никогда не заѣдало на фланцахъ и не уни-

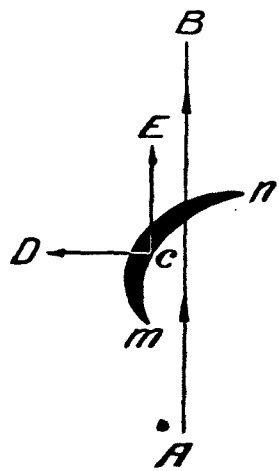
чтожало бы своего значенія, все заключено въ кожухъ съ масломъ и работаетъ въ масляной ваннѣ; масло подводится изъ смазочнаго трубопровода. Хотя это устройство и предотвращаетъ поподаніе грязи, но лучше всего для предосторожности, по крайней мѣрѣ, разъ въ недѣлю поднимать верхнюю крышку масляной ванны и осматривать муфту, а кольцо прогонять взадъ и впередъ для удостовѣренія въ чистотѣ и отсутствіи ржавчины.

Въ рѣдкихъ случаяхъ, главнымъ образомъ въ первоначальныхъ установкахъ, крейсерскія турбины были снабжаемы радіальнымъ типомъ думмисовой набивки, а валы роторовъ крейсерскихъ и Н. Д. турбинъ или дѣлались общими, или снабжались жесткими соединеніями. Но это устройство теперь оставлено, какъ устарѣвшее.

Глава VI.

Аксіальное давленіе; установочный подшипникъ и пр.

Имѣя данными для любого судна силу, скорость, элементы винтовъ и пр., можно легко вычислить дѣйствительное продольное давленіе по оси валовъ, производимое работою винтовъ въ водѣ. Для судна съ поршневою машиною это давленіе, обыкновенно, вычисляется въ фунтахъ на 1" кв. при полной силѣ и упорный подшипникъ, передающій это давленіе набору судна, проектируется для полнаго поглощенія его при наивысшей силѣ. Необходимость установки такого упорнаго подшипника на турбинномъ суднѣ предотвращается, до нѣкоторой степени, проектированіемъ турбины такъ, чтобы при полной силѣ осевое давленіе пара на лопатки турбины, параллельное валу и направленное назадъ, было бы почти равно давленію отъ винтовъ, направленному впередъ. Обратимся къ фиг. 11 и временно разсмотримъ только одну изъ подвижныхъ лопатокъ. Линія *A B* представляетъ направленіе пара отъ впускного къ выпускному концу. Если *mn* представляетъ одну подвижную лопатку на линіи теченія *A B*, то она должна имѣть такую форму, чтобы давленіе на нее, происходящее отъ силы ударяющаюся въ нее пара,



Фиг. 11.

могло быть разложено на 2 составляющія, представленныя черезъ CD и CE. CD—составляющая, стремящаяся вращать валъ, а CE—составляющая, которая стремится отжимать весь роторъ назадъ. (Крейсерская турбина совершенно не принимаетъ давленія отъ винта, такъ какъ функція муфты, описанной въ предыдущей главѣ, предупреждать вліяніе всякой силы, стремящейся двигать роторъ низкаго давленія, на роторъ крейсерской турбины. Временно пренебрежемъ давленіемъ по оси вала въ крейсерскихъ турбинахъ и будемъ разсматривать только три главныя турбины).

Для практическихъ цѣлей, конструкторъ турбинъ вычисляетъ полное осевое давленіе отъ винтовъ, направленное впередъ, скажемъ X фунтовъ на 1″ кв. при полной скорости. Если установка трехвальная и допускается одинаковая мощность винтовъ и ровное дѣленіе работы между валами, тогда X дѣлится на 3; каждая часть представляетъ давленіе на одномъ валу. Такъ какъ крейсерскими турбинами пренебрегаемъ, то, значитъ, $X:3$ фунтовъ на 1″ кв. должно быть принято каждою турбиною Н. Д. и главною В. Д; если существуетъ уравновѣшеніе между давленіемъ отъ винта впередъ и давленіемъ пара назадъ. Давленіе пара на впускномъ и выпускномъ концахъ любой главной турбины извѣстны; слѣдовательно, можетъ быть вычислено среднее давленіе между такими предѣлами. Остается опредѣлить высоты лопатокъ, углы лопатокъ и т. д., такъ, чтобы сумма всѣхъ составляющихъ (представленная на фиг. 11—CE) была бы близка къ $X:3$ фунтовъ на 1″ кв. Надо замѣтить, что распредѣленіе осевыхъ давленій при проектированіи есть, конечно, второстепенный вопросъ; при расчетѣ экономичной турбины съ хорошимъ полезнымъ дѣйствіемъ и при вычисленіи высотъ и угловъ лопатокъ и пр. исходятъ, преимущественно изъ другихъ соображеній, а не изъ условій осевыхъ давленій; но приняты во вниманіе при проектированіи должны быть всѣ соображенія. Условія сами собою немного смягчаются тѣмъ, что при полной силѣ, или близко къ ней осевыя давленія уравновѣшены.

Крейсерскія турбины передаютъ только вращеніе, а муфта на валу предупреждаетъ полученіе ими какого-либо

осевого давленія. Слѣдовательно, должно быть предусмотрѣно, чтобы онѣ были почти самоуравновѣшенными при всѣхъ скоростяхъ. Обращаясь обратно къ фиг. 9 будетъ видно, что діаметръ поршня думмиса турбины Н. Д. много меньше діаметра ротора и давленіе пара назадъ на лопатки увеличивается давленіемъ пара въ томъ же направленіи на кольцевую площадь колеса, не занятую думмисомъ. Въ крейсерскихъ турбинахъ думмисовый поршень сдѣланъ большаго діаметра, чѣмъ роторъ, такъ что давленіе пара на лопатки, дѣйствующее назадъ, компенсируется давленіемъ пара, дѣйствующимъ въ переднемъ направленіи на кольцевую площадь части думмиса, выступающей за роторъ. (Надо замѣтить, что это аксіальное давленіе пара на лопатки не особенно велико въ крейсерскихъ турбинахъ, такъ какъ лопатки чрезвычайно коротки и углы ихъ таковы, что составляющая, направленная назадъ, получается сравнительно малой. Эти турбины могутъ быть разсматриваемы какъ самоуравновѣшенныя при всѣхъ давленіяхъ). Такъ какъ конструкторъ турбинъ можетъ измѣнять діаметръ думмисоваго поршня въ извѣстныхъ предѣлахъ безъ существеннаго вреда для полнаго вѣса турбины, то можно сначала спроектировать турбинное облопатываніе для извѣстной мощности и экономичности, а могущее остаться какое-либо неуравновѣшенное осевое давленіе можетъ быть компенсировано проектированіемъ думмисоваго поршня достаточныхъ размѣровъ.

Но отсюда еще не слѣдуетъ непремѣнно, что если осевое давленіе уравновѣшено на полную силу, то оно будетъ уравновѣшено для всѣхъ силъ, такъ какъ соотношеніе между давленіемъ въ турбинахъ и числомъ оборотовъ въ 1 минуту измѣняется слишкомъ сильно съ измѣненіемъ силы. Напримѣръ, при полной силѣ на 30-ти узловомъ истребителѣ въ турбинѣ Г. В. Д. будетъ среднее давленіе, скажемъ, 140 ℔ и число оборотовъ около 800 въ 1 минуту; для 15 узловъ давленіе уменьшится въ этой турбинѣ въ среднемъ, приблизительно, до 15 ℔, а число оборотовъ уменьшится только до 380. Въ большинствѣ установокъ бываетъ на всемъ ряду силъ, по крайней мѣрѣ, 2 (можетъ быть и больше) момента уничтоженія осевого давленія на

валу. Напримѣръ, на одномъ истребителѣ, номинально проектированомъ для 28 узловъ, но могущемъ на короткое время развить 34 узла, при скорости свыше 13 или 14 узловъ получается превосходство осевого давленія отъ винтовъ (хотя мало замѣтное); при скорости отъ 14 до 19 узловъ давленіе пара и винта почти взаимно уравновѣшены, но при скорости отъ 19 до 26 или 27 узловъ, давленіе винта становится превосходящимъ, достигая максимума при скорости около 24 узловъ. При скорости отъ 27 и приблизительно до 31 узла давленія опять почти уравновѣшены, но свыше 31 узла получается перевѣсъ давленія отъ винта. Отсюда слѣдуетъ, что должны быть приняты мѣры для того, чтобы принять давленіе въ обоихъ направленіяхъ; но принимается не все осевое давленіе, а только измѣняющійся излишекъ въ одномъ или другомъ направленіи, при измѣненіи силы и скорости. Когда поршневая машина работаетъ назадъ, направленіе осевого давленія, конечно, мѣняется и упорный подшипникъ для такой машины долженъ быть способенъ принимать давленіе въ обоихъ направленіяхъ; въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, направленіе осевого давленія мѣняется съ измѣненіемъ направленія вращенія машины, тогда какъ при турбинахъ это направленіе можетъ измѣниться даже при работѣ турбины только впередъ. Въ турбинахъ задняго хода паръ течетъ отъ задняго конца къ переднему и при ихъ проектированіи осевое давленіе пара впередъ почти уравнивается давленіемъ отъ винта назадъ при всѣхъ силахъ.

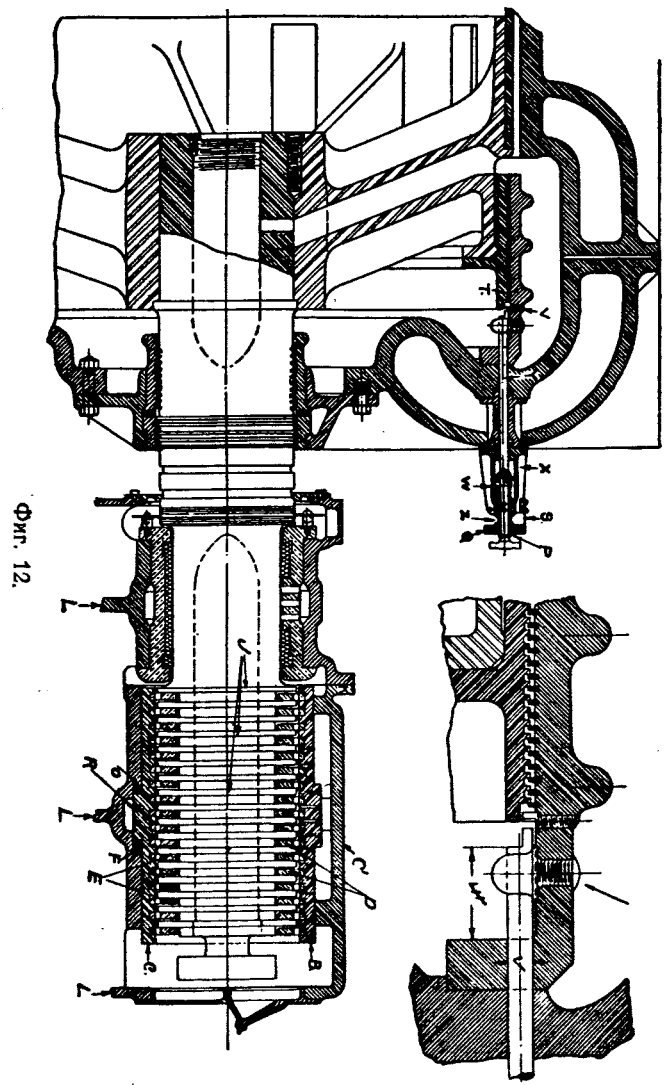
Въ предыдущей главѣ было показано, что набивка думмисовъ аксіальнаго типа устанавливается на переднемъ концѣ или концѣ высокаго давленія каждой турбины передняго хода, и что сдвиганіемъ ротора каждой турбины въ продольномъ направленіи степень полезнаго дѣйствія этой набивки или, другими словами, величина зазоровъ въ думмисахъ можетъ быть увеличена или уменьшена. Поэтому должны быть приспособленія для осуществленія этого незначительнаго передвиженія ротора. Измѣняющееся по величинѣ и направленію осевое давленіе будетъ всегда стремиться произвести нѣкоторое движеніе ротора и такъ какъ оба

характера измѣненія давленія тѣсно связаны одинъ съ другимъ, слѣдуетъ, что было бы логично комбинировать одинъ «установочный подшипникъ», какъ средство для установки ротора въ продольномъ направленіи и пріема въ обоихъ направленіяхъ излишка осевого давленія. Этотъ установочный подшипникъ, вопервыхъ, осуществляетъ средство перемѣщенія ротора въ положеніе желаемаго дѣйствительнаго зазора въ думмисахъ и поддержанія этого зазора. Вовторыхъ, такъ какъ онъ удерживаетъ роторъ отъ смѣщенія подъ дѣйствіемъ осевого давленія въ обоихъ направленіяхъ, то по этой причинѣ онъ болѣе извѣстенъ на суднѣ, вообще, какъ «упорный подшипникъ».

При трехвальной установкѣ упорныхъ подшипниковъ всего 5: по одному большому (17—19 колецъ) на переднихъ концахъ каждой турбины Н. Д. и одинъ подобной величины на переднемъ концѣ Г. В. Д. турбины; по одному меньшему (7—9 колецъ) помѣщено на переднихъ концахъ каждой крейсерской турбины. Эти два рода подшипниковъ отличаются только длиною и числомъ колецъ, но не принципомъ конструкціи, такъ что описаніе одного будетъ служить для всѣхъ. Замѣтимъ, что меньшіе подшипники, установленные у крейсерскихъ турбинъ, суть только установочные подшипники, такъ какъ осевыя давленія въ этихъ турбинахъ всегда почти уравновѣшены, а по этой причинѣ они требуютъ меньшее число колецъ, чѣмъ подшипники главныхъ турбинъ.

Обращаясь къ фиг. 12, увидимъ, что стулъ подшипника, который выступаетъ съ передняго конца корпуса турбины, назначается для поддержанія упорнаго подшипника. Фигура показываетъ расположеніе упорнаго подшипника впереди опорнаго для Г. В. Д. турбины; подводъ масла къ этимъ двумъ подшипникамъ общій и это даетъ начало термину «передній подшипникъ Г. В. Д.», иногда употребляемый для обозначенія двухъ, опорнаго и упорнаго, подшипниковъ. Валъ впереди шейки главнаго подшипника отковывается бо́льшаго діаметра и въ немъ протачивается 17 параллельныхъ канавокъ съ одинаковыми промежутками между ними; получаются стальныя кольца съ тщательно и точно обра-

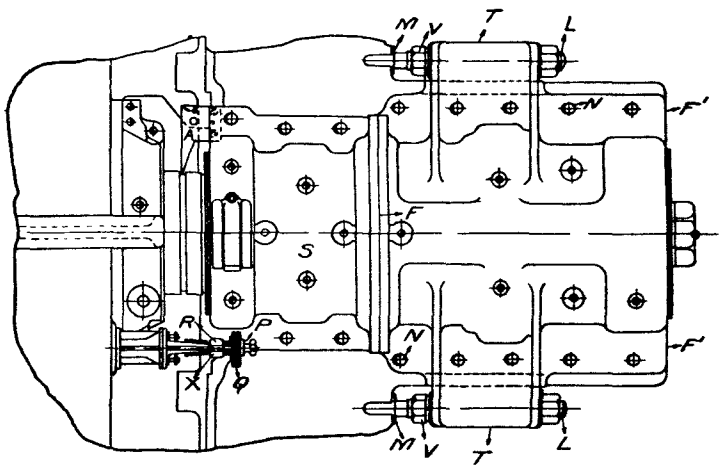
ботанными обѣими плоскостями. На фиг. 2 главы I ясно видны эти кольца подъ лит. *D*. Верхняя часть стула под-



Фиг. 12.

шипника образуетъ пустотѣлую прямоугольную отливку, называемую маслянымъ поддономъ, потому что его нижняя

часть служитъ для собиранія и удержанія масла, уходящаго изъ подшипника, пока оно не будетъ удалено въ систерны. Верхнія кромки этого поддона образуютъ 2 горизонтальныхъ фланца въ плоскости, проходящей черезъ центръ вала, и эти фланцы снабжены шпильками. Верхняя половина или крышка упорнаго подшипника похожа по внѣшнему виду на верхнюю крышку обыкновеннаго подшипника; она цилиндрической формы, снабжена горизонтальными фланцами для укрѣпленія ея на фланцахъ маслянаго поддона и вертикальнымъ фланцемъ для укрѣпленія ея къ крышкѣ главнаго под-



Фиг. 13.

шипника. Вертикальный фланецъ показанъ подъ лит. *K*, фиг. 12 и *F*—фиг. 13, а горизонтальные фланцы обозначены черезъ *F'* на фиг. 13. На фиг. 12—*LL* суть части маслянаго поддона а *C'*—верхняя крышка. Вкладышей упорнаго подшипника—2: одинъ нижній или передняго хода, поддерживаемый маслянымъ поддономъ; другой верхній или задняго хода, заключенный въ верхнюю крышку. Поперечныя ребра въ масляномъ поддонѣ, обработанныя точно по полуокружности, поддерживаютъ нижній стальной вкладышъ, полуцилиндрической формы. На его внутренней поверхности выточена серія канавокъ и въ нихъ загнаны и обчеканены

полукольца изъ какого-либо антифрикціоннаго металла. Заднія поверхности этихъ колецъ точно обработаны, такъ что переднія поверхности колецъ вала могутъ работать на нихъ точно такъ же, какъ кольца вала обыкновенной поршневой машины. Обращаясь назадъ къ фиг. 3 главы I, увидимъ на мѣстѣ нижній упорный вкладышъ, детали маслянаго поддона, горизонтальные фланцы, поддерживающія ребра и т. д. Такъ какъ вкладышъ полуцилиндрической формы и поддерживающія ребра хорошо пригнаны къ его наружной поверхности, то это позволяетъ вывертывать его съ мѣста точно такъ же, какъ нижнюю половинку обыкновеннаго подшипника безъ необходимости подъема вала. На спинкѣ этого нижняго вкладыша имѣется ребро и, когда вкладышъ ввертывается въ свое положеніе, это ребро приходится въ соотвѣтствующую выточку въ стулѣ, съ зазоромъ съ передней и задней сторонъ, приблизительно по $^1/_2''$ между кромкою этой выточки и кромкою ребра. На фиг. 12—*O* и *F* показываютъ эти зазоры и они видны также на фиг. 3. Ясно, что весь нижній вкладышъ можетъ быть передвинутъ вдоль его стула на полный разбѣгъ, равный суммѣ зазоровъ *O* и *F*, пока его полукольца не упрутся въ кольца вала. Такъ какъ переднія поверхности колецъ вала работаютъ на заднихъ сторонахъ колецъ упорнаго подшипника, когда давленіе отъ винта превосходитъ и стремится толкать роторъ впередъ, то положеніе нижняго упорнаго вкладыша будетъ ограничивать величину хода впередъ ротора и, слѣдовательно, наименьшую величину зазора въ думмисахъ.

Предположимъ, что желательно, чтобы такой наименьшій зазоръ въ думмисахъ былъ бы 0,015″. Нижній упорный вкладышъ совершенно вывертывается изъ своего мѣста и роторъ устанавливается въ такое положеніе, чтобы зазоръ въ думмисахъ сдѣлался точно равнымъ *O*. (Средства измѣренія этого зазора будутъ описаны позднѣе). Если зазоръ въ думмисахъ *O*, то полосы думмиса находятся какъ разъ въ дѣйствительномъ соприкосновеніи съ кольцами думмиса. Теперь кладется обратно на мѣсто упорный вкладышъ и продвигается въ продольномъ направленіи ломикомъ или другимъ средствомъ, пока заднія поверхности колецъ под-

шипника не будутъ плотно прилегать къ переднимъ сторонамъ колецъ вала. Дѣйствительная величина зазора *F* на фиг. 12, между передней кромкой ребра и стѣнкою канавки точно измѣряется калибромъ и, предположимъ, что она равна, 0,480″. Въ снабженіе дается комплектъ «установочныхъ колецъ»; эти кольца прямоугольнаго поперечнаго сѣченія и полукруглой формы, такъ что они могутъ быть ввернуты на мѣсто въ этотъ зазоръ. Эти кольца бронзовыя, очень точно проточены до одинаковой толщины по всей длинѣ и на каждомъ выбита его толщина. Комплектъ состоитъ изъ колецъ различной толщины отъ 0,400″ до 0,010″, такъ что возможно комбинированіемъ различныхъ колецъ получить желаемую толщину. Въ разсматриваемомъ случаѣ зазоръ, который надо заполнить, равенъ 0,480″ при зазорѣ въ думмисахъ = 0; но желательно, чтобы зазоръ въ думмисахъ былъ самое меньшее 0,015″. Отсюда выходитъ, что роторъ надо подать назадъ на 0,015″ отъ своего начальнаго положенія безъ зазора, а 0,480″ должны быть увеличены на 0,015″; такимъ образомъ получится 0,495″. Роторъ теперь долженъ быть отжатъ назадъ до 0,015″ зазора въ думмисахъ. Для этого упорный вкладышъ сдается по направленію вала, пока пространство *F* не станетъ равнымъ 0,495″ и туда не будетъ заложенъ комплектъ колецъ общей толщины, равной этому зазору. Пространство *O*, на противоположной сторонѣ ребра измѣряется приблизительно и заполняется кольцами подобнымъ же образомъ, исключая того, что здѣсь не надо такъ точно набирать эти кольца. Какъ будетъ видно далѣе, верхняя половина или верхній упорный вкладышъ принимаетъ осевое давленіе пара, направленное назадъ и ни въ коемъ случаѣ заднія поверхности колецъ вала не должны работать на переднихъ поверхностяхъ нижняго вкладыша. Отсюда видно, что кольца въ заднемъ зазорѣ *O* служатъ только для предупрежденія случайнаго скольженія вкладыша назадъ, ни при какихъ обстоятельствахъ не принимая давленія. Оставленіемъ здѣсь зазора въ 5 или 10 тысячныхъ дюйма сильно облегчается выемъ обоихъ наборовъ этихъ удерживающихъ колецъ при слѣдующей перестановкѣ.

Можетъ случиться, что между кольцами вала и упорнаго подшипника произойдетъ небольшое изнашиваніе и, если на ходу давленіе винта превзойдетъ давленіе пара, и роторъ будетъ стремиться продвинуться впередъ, то зазоръ въ думмисахъ можетъ дойти до 0,004″ или 0,005″ и тогда станетъ необходимымъ сдать роторъ обратно до первоначальной величины зазора, т. е. 0,015″. Это значитъ, что роторъ долженъ подвинуться назадъ на величину, необходимую для возстановленія зазора въ 0,015″, т. е. на 0,010″, а это, въ свою очередь, значитъ, что упорный подшипникъ долженъ отойти назадъ на такую же величину. Надо только вынуть оба комплекта удерживающихъ колецъ, увеличить толщину передняго набора на 0,010″ и уменьшить толщину набора на задней сторонѣ на такую же величину.

Подобно тому, какъ нижній упорный вкладышъ не допускаетъ продольное движеніе ротора впередъ, верхній упорный вкладышъ предупреждаетъ его движеніе назадъ. Заднія стороны колецъ нижняго вкладыша, т. е. рабочія поверхности обращены назадъ и на нихъ работаютъ переднія поверхности колецъ вала. Въ верхнемъ упорномъ вкладышѣ какъ разъ наоборотъ: его рабочія поверхности смотрятъ впередъ и на нихъ работаютъ задними поверхностями кольца вала. Для движенія верхняго вкладыша упорнаго подшипника впередъ или назадъ имѣются приспособленія, но они отличаются отъ описанныхъ для нижняго упорнаго вкладыша тѣмъ, что вкладышъ не можетъ скользить въ своей подушкѣ, а неизмѣнно укрѣпленъ къ верхней крышкѣ и передвигается вся верхняя половина подшипника. Верхній упорный вкладышъ сдѣланъ точно такъ же, какъ и нижній упорный вкладышъ, но ребро на его спинкѣ плотно пригнано къ канавкѣ крышки. Кромѣ того, онъ неизмѣнно укрѣпленъ къ верхней крышкѣ длинными стопорными винтами, такъ что во всѣхъ случаяхъ крышка и вкладышъ могутъ быть разсматриваемы вмѣстѣ, какъ верхняя половинка упорнаго подшипника. Дыры для болтовъ въ горизонтальномъ фланцѣ верхней крышки сдѣланы продолговатыми въ продольномъ направленіи, какъ видно на фиг. 13, и такимъ образомъ вся крышка можетъ двигаться назадъ и впередъ по

горизонтальному фланцу. (Надо замѣтить, что дыры для болтовъ въ верхней крышкѣ главнаго подшипника *S* также удлинены, такъ что онъ тоже можетъ двигаться вмѣстѣ съ верхней крышкою упорнаго. Дѣлается это только для того, чтобы вертикальные фланцы *F* оставались всегда плотно соединенными при различныхъ положеніяхъ верхней крышки упорнаго подшипника). На каждой сторонѣ верхней крышки имѣются солидные выступающіе приливы, сквозь которые свободно проходятъ нарѣзные болты съ гайками на каждой сторонѣ; задніе концы этихъ болтовъ *L* упираются въ постоянныя точки корпуса въ *M*. Обратимся теперь къ разсматриваемому случаю. Послѣ того, какъ нижній упорный вкладышъ поставленъ такъ, что наименьшій зазоръ въ думмисахъ равенъ 0,015″, надо одѣть верхнюю половинку на мѣсто, вращать гайки *VV* и *LL*, пока роторъ подтянется впередъ настолько, что заднія стороны колецъ вала упрутся къ переднія поверхности колецъ верхней крышки и роторъ будетъ удерживаться всегда въ такомъ положеніи, чтобы зазоръ въ думмисахъ оставался 0,015″; отъ движенія впередъ онъ будетъ удерживаться нижнимъ вкладышемъ, а отъ движенія назадъ верхнимъ.

Однако, на практикѣ, устройство смазки не даетъ возможности достигнутъ этого идеала. Если кольца вала прилегали бы плотно къ нижнему вкладышу съ одной стороны и къ верхнему съ другой стороны, то онѣ заѣли бы и нагрѣвались изъ-за отсутствія слоя масла, необходимаго для смазки. Необходимо, слѣдовательно, дать извѣстный зазоръ между кольцами подшипника и вала и эта слабина извѣстна какъ „зазоръ для слоя масла". Этотъ зазоръ измѣняется по величинѣ отъ 0,008″ до 0,014″, завися, главнымъ образомъ, отъ усмотрѣнія старшихъ механиковъ; 0,010″, приблизительно, будетъ нормальною величиною. Послѣ того, какъ верхняя крышка положена на мѣсто, она не затягивается плотно своими прижимными болтами. Нажимаются гайки *V* и *L* фиг. 13, упирая болты въ корпусъ въ точкѣ *M*; посредствомъ этихъ болтовъ и приливовъ *T* вся верхняя крышка отжимается впередъ. При движеніи крышки, переднія плоскости упорныхъ колецъ подходятъ

къ заднимъ поверхностямъ колецъ вала и вызываютъ роторъ впередъ, пока переднія плоскости колецъ вала не упрутся въ заднія, рабочія поверхности колецъ на нижнемъ вкладышѣ. Въ этомъ положеніи нѣтъ зазора для масла или, другими словами, кольца вала зажаты втугую между кольцами нижняго вкладыша съ одной стороны и кольцами верхняго вкладыша съ другой.

Это положеніе легко узнается; когда верхняя крышка подвинута впередъ на величину близкую къ положенію зажатія колецъ вала между кольцами установочнаго подшипника, включается валоповоротный приводъ и роторъ медленно проворачивается, пока не почувствуется, что его „захватило". Тогда вставляютъ на мѣста, не зажимая сильно, нѣсколько крѣпительныхъ болтовъ, чтобы удержать крышку въ этомъ положеніи и гайки *V* и *L* сдаются, пока щупъ толщины желаемаго маслянаго зазора не будетъ какъ разъ входить въ *MM* между болтами и корпусомъ.

Гайки *VV* и *LL* затѣмъ зажимаются, чтобы закрѣпить болты въ ихъ положеніи и вся верхняя крышка сдается назадъ по своему фланцу, пока въ *M* не пропадетъ зазоръ. Теперь крѣпятся туго зажимные болты и, очевидно, что между кольцами вала и кольцами упорнаго подшипника будетъ тотъ же самый зазоръ для масла, каковъ былъ зазоръ между болтами и корпусомъ въ *MM*. Чтобы устранить необходимость употребленія щупа для измѣреній зазора *M*, гайки *VV* дѣлаются иногда съ цилиндрическою частью, раздѣленною по своей окружности на 10 частей. Шагъ нарѣзки болтовъ дѣлается тогда 10 нитокъ на 1″ и величина зазора читается непосредственно по дѣленіямъ гаекъ.

Глава VII.

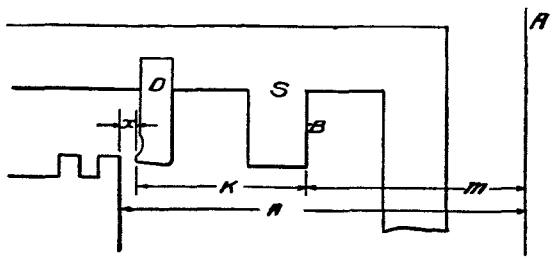
Измѣреніе зазоровъ въ думмисахъ. Микрометръ.

Изъ предыдущей главы видно, что для точнаго и быстраго измѣренія зазоровъ въ думмисахъ (аксіальнаго типа) какъ въ стоящей неподвижно, такъ и во вращающейся съ любою скоростью турбинѣ, должны быть установлены нѣкоторыя приспособленія. Для этого употребляются 2 способа, заключающіеся въ томъ, что измѣряется точно разстояніе отъ какой-либо постоянной точки корпуса турбины до извѣстной точки ротора. Введеніемъ заранѣе опредѣленныхъ постоянныхъ эти измѣренія приводятся къ дѣйствительнымъ разстояніямъ между думмисовыми кольцами и полосами.

Пальцевой указатель. Этотъ старый способъ при наибольшей своей точности даетъ только приблизительныя показанія и онъ теперь почти всецѣло замѣненъ микрометромъ. Но такъ какъ пальцевой указатель еще можно встрѣтить на нѣкоторыхъ старыхъ турбинахъ, онъ будетъ описанъ вкратцѣ. Онъ виденъ подъ лит. А на фиг. 13 и послѣдующее описаніе будетъ итти примѣнительно къ этой фигурѣ. Между переднимъ главнымъ подшипникомъ и сальникомъ на валу выточена канавка прямоугольнаго сѣченія. Къ какой-нибудь близкой части корпуса прикрѣплена и входитъ въ упомянутую канавку мѣдная планка или „пальцевой указатель", формы показанной на фигурѣ. Пальцевой указатель устанавливается такъ, что когда зазоръ въ думмисахъ точно равенъ 0, т-е., когда полосы думмиса касаются колецъ думмиса, задняя кромка его точно касается задней кромки канавки. Когда роторъ продвинется назадъ, то величина зазора въ думмисахъ будетъ равна зазору между задней

кромкой пальцевого указателя и кромкою канавки и этотъ послѣдній зазоръ можетъ быть измѣренъ введеніемъ щупа между кромкою канавки и пальцевымъ указателемъ. Въ лучшемъ случаѣ пальцевой индексъ даетъ только приближеніе, такъ какъ на ходу вращеніе вала дѣлаетъ точное измѣреніе щупомъ почти невозможнымъ, и нельзя поручиться, что пальцевой индексъ не можетъ быть слегка согнутъ. Тогда какъ здѣсь важны тысячныя доли дюйма, пальцевой указатель даетъ только приблизительные результаты. Кромѣ того измѣряется разстояніе между 2 точками снаружи турбины, а не берется во вниманіе внутреннее состояніе при расширеніи. Пальцевой указатель почти выброшенъ и тамъ, гдѣ установленъ также и микрометръ, первый только употребляется при маловажныхъ отсчетахъ или просто какъ нѣкоторый контроль микрометра.

Микрометръ. Этотъ приборъ основанъ на общемъ принципѣ микрометровъ и устанавливается на переднихъ днищахъ всѣхъ турбинъ для измѣренія зазоровъ въ думмисахъ. Принципъ его дѣйствія слѣдующій: Обращаясь къ діаграммѣ на фиг. 14, увидимъ, что взяты 2 фиксированныя точки, *A*—снаружи корпуса и *B*—внутри. Измѣрены разстоянія: *n*—отъ



Фиг. 14.

A до плоскости перваго кольца думмисоваго поршня и *m*—отъ точки *A* до точки *B*. Разстояніе отъ *B* до задней точки первой планки думмиса есть, конечно, постоянное, такъ какъ обѣ суть фиксированныя точки одного и того же корпуса. Тогда $n-m-k=$зазору между первымъ кольцомъ и первой планкой думмисовъ, а такъ какъ всѣ расположены съ одинаковыми промежутками, то это есть зазоръ въ думмисахъ.

Очевидно, что $n-m=k$, при зазорѣ въ думмисахъ $=0$, что даетъ сразу средство для опредѣленія этой постоянной и контролированія ея отъ времени до времени не вскрывая корпуса. Обращаясь теперь къ фиг. 12 (также и къ фиг. 10) видно, что микрометръ состоитъ изъ штока, проходящаго снаружи корпуса внутрь турбины черезъ обыкновенную набивочную коробку. Этотъ шпиндель Y сдѣланъ съ одностороннимъ выступомъ на своемъ концѣ, такъ что при поворотѣ его на 180°, онъ можетъ быть поставленъ или противъ думмисоваго поршня T или противъ стопорной планки V. Эта бронзовая стопорная планка ввернута въ корпусъ и ея передняя поверхность есть зафиксированная точка B въ діаграммѣ на фиг. 14. Подводъ шпинделя микрометра къ ротору достигается нажатіемъ на спиральную пружину W, которая установлена для преодолѣнія тренія въ набивочой коробкѣ и давленія пара на конецъ шпинделя. Фиксированная точка A (фиг. 14) есть наружный конецъ кронштейна X, прикрѣпленнаго къ корпусу. Втулка Z нарѣзана на своей наружной поверхности и ввернута во внутреннюю нарѣзку кроншейна X, но скользитъ на шпинделѣ Y. Втулка Z заканчивается ручнымъ маховикомъ Q, который раздѣленъ по своей внѣшней окружности на 100 частей; шагъ же нарѣзки—10 нитокъ на 1″. Надъ этимъ колесомъ выступаетъ указатель S, укрѣпленный къ кроншейну X. Шпиндель оканчивается рукояткою для удобства поворачиванія его и приведенія въ положеніе или противъ ротора или противъ стопорной планки. Для того, чтобы сдѣлать отсчетъ, шпиндель поворачивается, отводится отъ стопорной планки и нажимается къ ротору; маховикъ Q поворачивается до тѣхъ поръ, пока втулка Z не выйдетъ назадъ и не упрется въ кольцо P на шпинделѣ; тогда читается дѣленіе подъ указателемъ. Такъ какъ шагъ нарѣзки 10 нитокъ на 1″, и на колесѣ 100 дѣленій, то каждое дѣленіе равно 0,001″. Шпиндель теперь поворачивается на полъ-оборота и вытягивается, пока не прижмется къ стопорной планкѣ; маховикъ выворачивается, пока втулка не упрется въ кольцо P и дѣлается другой отсчетъ. Второй отсчетъ вычитается изъ перваго и изъ результата вычитается извѣстная постоянная

К (фиг. 14); такимъ образомъ получается зазоръ въ думмисахъ.

Въ англійской практикѣ колесо микрометра устанавливается по отношенію къ втулкѣ такъ, что когда шпиндель находится у стопорной планки, приборъ показываетъ 0; такимъ образомъ уничтожается постоянная К и для измѣренія надо только подвести микрометръ къ ротору, что даетъ сразу зазоръ въ думмисахъ. Для провѣрки установки колеса надо только посмотрѣть, показываетъ ли микрометръ 0 при положеніи у стопорной планки. Въ американской практикѣ опредѣляютъ К точно, когда турбины установлены и выбиваютъ ее ясно на какой-либо ближайшей части кронштейна Х. Эта постояная, безъ сомнѣнія, разная для всѣхъ турбинъ, вводится во всѣ отсчеты. Необходимо, чтобы какимъ-либо способомъ шпиндель можно было застопорить, чтобы онъ не могъ случайно скользить по ротору. На ручкѣ шпинделя, обыкновенно, выбиваются помѣтки; „застопоренъ", „стопорная планка" и „думмисъ", такъ что сразу будетъ видно, повернутъ ли шиндель въ положеніе закрѣпленія, въ положеніе къ стопорной планкѣ или къ ротору. Микрометръ, когда не употребляется, не долженъ быть установленъ въ положеніе для какого-либо измѣренія; онъ можетъ стоять у стопорной планки, но никогда не долженъ быть прижатъ къ ротору или въ такомъ положеніи, что движеніе ротора или шпинделя привело бы оба въ соприкосновеніе. Простое разсужденіе покажетъ, что дѣйствительная длина шпинделя не имѣетъ никакого вліянія на величину измѣряемаго зазора, такъ какъ шпиндель употребляется только для полученія разстоянія между двумя точками и длина шпинделя есть постоянная, которая и уничтожается при вычитаніи. Шпиндель можетъ нѣсколько стереться и это можетъ произойти отъ того, что конецъ плотно трется какъ по стопорной планкѣ, такъ и по ротору. Въ дѣйствительности бываетъ значительное истираніе, такъ какъ конецъ шпинделя подводится къ быстровращающемуся ротору при съемѣ отсчетовъ на ходу.

Чтеніе показаній. Чтобы получить точный отсчетъ помощью микрометра, требуется много искусства и прак-

тики. Онъ, обыкновенно, очень горячъ на ощупь и требуетъ быстраго обращенія, Для каждаго отсчета должно быть приложено одно и то же усиліе къ маховику; и это требуетъ тонкаго чувства осязанія. Даже хорошій человѣкъ, который постоянно дѣлаетъ отсчеты, имѣетъ индивидуальную ошибку отъ 0,001″ до 0,002″, т-е. два или любое число отсчетовъ, взятыхъ одно послѣ другого, будутъ измѣняться на эту величину. Дурной и даже средній человѣкъ легко можетъ получить отсчеты, которые будутъ отличаться другъ отъ друга на 0,004″ и 0,005″. Очень хорошо требовать, по крайней мѣрѣ, отъ двухъ или болѣе старшихъ машинистовъ каждой вахты брать положеніе зазоровъ въ думмисахъ и контролировать отъ времени до времени ихъ отсчеты. Это не только даетъ показанія о характерѣ аксіальнаго давленія, и когда или почему ожидаются перемѣны въ зазорахъ думмисовъ, но это обезпечиваетъ и то, что всегда будутъ полезные люди, чьи отсчеты могутъ быть приняты какъ точные. Это, болѣе или менѣе, постоянное употребленіе микрометровъ будетъ, конечно, имѣть результатомъ увеличеніе истиранія и порчи ихъ и вызываетъ частый ихъ осмотръ. Но этотъ тщательный осмотръ не можетъ повредить ихъ и служитъ, въ свою очередь, для ознакомленія людей съ устройствомъ и принципомъ дѣйствія. При съемѣ отсчетовъ долженъ быть неизмѣнный порядокъ—брать сначала отсчеты отъ ротора, а потомъ отсчеты отъ стопорной планки, такъ какъ это обезпечиваетъ то, что шпиндель микрометра не будетъ никогда оставленъ прижатымъ къ ротору. Должно заботиться о томъ, чтобы нажатіе пружины было такое, чтобы какъ разъ компенсировать треніе и давленіе пара и не настолько большое, чтобы нажимать шпиндель на стопорную планку или на роторъ. Шпиндель долженъ прижиматься къ стопорной планкѣ и къ ротору только отъ давленія руки.

Если на концѣ шпинделя образовался бы буртикъ, то это не вліяло бы въ большой мѣрѣ на отсчеты, если только буртикъ не настолько великъ, что заставляетъ шпиндель прикасаться различно къ стопорной планкѣ и къ ротору. Но если шпиндель упирается въ роторъ продолжительное

время, то онъ можетъ сдѣлаться горячимъ и согнуться и, если не точно находится на одной линіи со стопорной планкой или съ роторомъ, то отсчеты могутъ быть значительно неправильны. Микрометры часто закипаютъ, когда слишкомъ горячи, и иногда бываетъ необходимо ослабить набивочный сальникъ передъ ихъ употребленіемъ. Микрометръ часто долженъ быть снимаемъ цѣликомъ для очистки и пересмотра. Показателями необходимости такого осмотра будутъ только наблюденіе за приборомъ и его функціонированіе. Эта переборка должна производиться, по возможности, опытнымъ человѣкомъ и всю работу по пересмотру всѣхъ микрометровъ слѣдуетъ поручать одному человѣку. Отдается набивочная коробка, вынимается шпиндель, пружина и втулка очищаются и тщательно осматривается конецъ шпинделя. Заусенцы сравниваются, провѣряется прямизна шпинделя и сглаживаются всѣ забоины на немъ. Набивка осматривается или мѣняется и микрометръ собирается и устанавливается обратно на мѣсто. Для контроля хорошо измѣрять зазоры въ думмисахъ до и послѣ осмотра микрометра и во время работы держать роторъ неизмѣнно, такъ что любая ошибка въ постановкѣ обратно микрометра выкажетъ сама себя, если только штокъ не былъ слишкомъ сильно погнутъ или у него не было такого буртика, чтобы сдѣлать эту провѣрку безцѣнной послѣ того, какъ онъ былъ выпрямленъ.

Иногда на шпиндель, между его концомъ и маховикомъ, свободно одѣвается небольшая тонкая шайба изъ мѣди. Она имѣетъ маленькую ручку и, держа за нее и поворачивая впередъ и назадъ въ то время, когда колесо выходитъ и упирается въ кольцо, касаніе будетъ скорѣе чувствоваться при треніи между кольцомъ и шайбою, чѣмъ касаніе, ощущаемое черезъ винтовую нарѣзку. Однако точность чтенія должна зависѣть отъ опыта и практики и, если то же самое ощущеніе получается при подводѣ къ ротору и къ стопорной планкѣ, то имѣетъ мало значенія, установлена или нѣтъ эта мѣдная шайба.

Для предохраненія винтовыхъ нарѣзокъ, пружинъ, дѣленій и т. д. отъ грязи, мусора и продолжительнаго дѣй-

ствія влажнаго пара изъ сальника, очень хорошо сдѣлать изъ жести или листовой мѣди чехлы, которые пригоняются на весь приборъ. При употребленіи микрометровъ, они легко могутъ быть сняты; употребленіе же ихъ сильно способствуетъ содержанію инструмента въ хорошихъ условіяхъ для дачи точныхъ показаній и въ то же самое время уменьшаетъ работу по осмотру.

Замѣтимъ, что для измѣренія зазоровъ въ думмисахъ радіальнаго типа не устанавливается никакихъ приборовъ, такъ какъ не нужно и не желательно вводить это усложненіе. Перемѣна въ величинѣ этого зазора можетъ случиться только вслѣдствіе случайнаго тренія и изнашиванія, происходящаго отъ коробленія думмисоваго поршня или цилиндра. Хотя это истираніе и можетъ измѣнить величину зазора и полезное дѣйствіе набивки, но не можетъ сдѣлать большого вреда, такъ какъ касающіяся кромки полосъ очень тонки и треніе причинитъ только небольшое притупленіе этихъ кромокъ.

Глава VIII.

Трубопроводъ свѣжаго и отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ. — Набивочныя коробки и ихъ паровой трубопроводъ.

Устройство набивочныхъ коробокъ, черезъ которыя проходитъ валъ въ мѣстахъ выхода его изъ корпуса турбины, будетъ ясно, если извѣстно дѣйствіе набивки думмисовъ. Такъ какъ трубопроводъ къ паровымъ сальникамъ, какъ онъ обыкновенно устраивается, можетъ быть разсматриваемъ какъ отвѣтвленіе отъ вспомогательной магистрали отработавшаго пара, то описаніе этихъ двухъ, тѣсно связанныхъ между собою предметовъ, составляетъ содержаніе настоящей главы.

Вспомогательная магистраль свѣжаго пара. Въ этой книгѣ вспомогательная магистраль свѣжаго пара можетъ быть разсматриваема какъ замкнутое кольцо трубъ, идущее вокругъ машиннаго отдѣленія; въ немъ всегда поддерживается котельное давленіе непосредственнымъ соединеніемъ съ однимъ или болѣе котлами. Въ наиболѣе удобныхъ мѣстахъ взяты отвѣтвленія отъ этого кольца трубъ, ведущія паръ къ различнымъ вспомогательнымъ механизмамъ. Устройство незначительно отличается отъ обычной проводки трубъ при обыкновенныхъ поршневыхъ машинахъ.

Вспомогательная магистраль отработавшаго пара. Какъ и въ обыкновенной практикѣ, проводка трубъ образуетъ полное кольцо въ машинномъ отдѣленіи и отводитъ выпускаемый паръ изъ вспомогательныхъ механизмовъ въ холодильники. При турбинной установкѣ отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ употребляется для различныхъ цѣлей и по этой причинѣ устрой-

ство трубопровода, клапановъ и пр. болѣе сложное. Въ американской практикѣ вспомогательную магистраль отработавшаго пара называютъ иногда трубопроводомъ противодавленія, а самое давленіе при выпускѣ изъ вспомогательныхъ механизмовъ—противодавленіемъ, каковыхъ терминовъ будемъ придерживаться въ этой книгѣ. Въ турбинной установкѣ иногда бываетъ желательно или необходимо держать особенно высокое противодавленіе и по этой причинѣ всѣ вспомогательные механизмы проектируются такъ, что могутъ давать полную нагрузку какъ при такомъ высокомъ противодавленіи, такъ и работать экономично при нормальномъ заднемъ давленіи, т.-е. отъ 5 ℔ до 15 ℔. Если, по нѣкоторымъ причинамъ, какой-нибудь изъ вспомогательныхъ механизмовъ не спроектированъ такъ, то устраивается вторая магистраль отработавшаго пара, такъ что механизмъ можетъ выпускать паръ или въ магистраль обратнаго давленія или, при непосредственномъ соединеніи, въ холодильникъ. Напримѣръ, 5-ти килоуатныя установки, какими снабжены послѣдніе истребители, даютъ полную мощность при противодавленіи 5 ℔ до 8 ℔, но если противодавленіе поднимается выше, то онѣ могутъ поддерживать только часть своей полной нагрузки. Когда противодавленіе поддерживается отъ 5 ℔ до 8 ℔, эти малыя турбины работаютъ въ магистраль противодавленія, но если противодавленіе поднимается выше, то соединеніе съ отработавшею вспомогательною магистралью закрывается и выпускаемый паръ направляется непосредственно въ холодильники.

Въ обыкновенной практикѣ магистраль противодавленія устраивается такъ, что можетъ соединяться съ

1 Атмосферой.

2. Вспомогательнымъ холодильникомъ.

3. Съ каждымъ главнымъ холодильникомъ.

Посредствомъ этихъ соединеній заднее давленіе можетъ быть регулируемо во время стоянки на якорѣ; а на ходу всякій излишекъ сверхъ расходуемаго можетъ быть направленъ въ холодильникъ; но надо запомнить, что при турбинной установкѣ всѣ эти соединенія почти всегда закрыты на ходу и отработавшій паръ вспомогательныхъ механизмовъ

идетъ въ холодильники другими путями, послѣ того какъ былъ употребленъ на пути для совершенія полезной работы. При обыкновенной турбинной установкѣ отработавшій паръ долженъ быть употребленъ для укупориванія сальниковъ при извѣстныхъ скоростяхъ, а излишекъ сверхъ количества потребнаго для этой цѣли можетъ быть использованъ слѣдующимъ образомъ:

1. Для нагрѣванія питательной воды, если установленъ типъ подогрѣвателя питательной воды отработавшимъ паромъ.

2. Для производства полезной работы въ самихъ турбинахъ, будучи пущенъ на низкія ступени расширенія, точно такъ же, какъ отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ, иногда употребляется въ цилиндрахъ низкаго давленія поршневыхъ машинъ.

Употребленіе отработавшаго пара для подогрѣванія питательной воды въ закрытомъ типѣ подогрѣвателей питательной воды привычно для каждаго и не нуждается въ описаніи. Такъ какъ подогрѣватели питательной воды вошли въ широкое употребленіе нѣсколько лѣтъ тому назадъ, то механики пришли къ заключенію, что они даютъ чрезвычайно большую выгоду. При употребленіи отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ, который до сего времени былъ болѣе или менѣе безполезнымъ продуктомъ, подогрѣватели питательной воды способны давать воду котламъ при температурѣ отъ 93° до 121°C, въ то время какъ прежде она поступала изъ теплаго ящика, самое большее, при 52° до 63°C.

Съ введеніемъ турбинъ и большой пустоты, отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ сталъ имѣть много больше значенія при употребленіи въ самихъ машинахъ, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда пустота была только 26″ или 27″; но въ теченіи нѣсколькихъ лѣтъ вопросъ былъ, болѣе или менѣе, открытымъ, пользоваться ли отработавшимъ паромъ для подогрѣванія питательной воды въ подогрѣвателѣ, или будетъ болѣе экономично использовать его на низкихъ ступеняхъ расширенія въ самихъ турбинахъ. Въ противоположность обыкновенному трубопроводу отра-

ботавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ и соединеніямъ при обыкновенныхъ поршневыхъ машинахъ, система, которая теперь употребляется при турбинныхъ установкахъ, извѣстна подъ названіемъ „закрытаго“ типа отработавшаго трубопровода вспомогательныхъ механизмовъ, подразумѣвая то, что паръ, выпускаемый вспомогательными механизмами на ходу судна, не выпускается непосредственно въ холодильникъ, а весь, исключая того, который долженъ быть употребленъ для спеціальныхъ цѣлей, идетъ къ холодильнику черезъ нѣкоторую часть расширеній въ самихъ турбинахъ.

Нѣсколько лѣтъ нѣкоторые инженеры, какъ теоретики, такъ и практики, приходили къ крайности, заявляя, что подогрѣватели питательной воды въ турбинныхъ установкахъ не есть необходимость и представляютъ ненужную трату вѣса и мѣста. Теоретически довольно трудно рѣшить этотъ вопросъ или даже, въ большинствѣ случаевъ, приблизиться къ рѣшенію, такъ какъ результатъ въ большой степени зависитъ отъ производительности нѣкоторыхъ другихъ механизмовъ даннаго судна, какъ напримѣръ, производительности подогрѣвателя питательной воды, производительности турбинъ Н. Д. и степени достижимой пустоты. Почти въ каждомъ случаѣ вопросъ лучше всего можетъ быть рѣшенъ дѣйствительнымъ испытаніемъ каждой установки. Чтобы представить это въ обыкновенномъ видѣ, предположимъ, что 2 одинаковыхъ судна предназначаются сдѣлать извѣстный переходъ со скоростью 15 узловъ. Принимая, что такія условія какъ тяга, чистота дна, качество угля и общая степень полезнаго дѣйствія подобны на каждомъ суднѣ при стартѣ, наиболѣе экономичнымъ судномъ будетъ то, которое можетъ пройти наибольшее количество миль на 1 тонну горючаго. Единственнымъ правильнымъ показателемъ производительности турбиннаго судна можетъ быть только число узловъ на 1 тонну горючаго, но не расходъ питательной воды на 1 силу, такъ какъ сила, въ данномъ случаѣ опредѣляется торзіометромъ, котораго отсчеты не бываютъ вполнѣ точны. Если въ разсматриваемомъ случаѣ на каждомъ суднѣ работаетъ тоже самое количе-

ство вспомогательныхъ механизмовъ при той же скорости, такъ что полное количество отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ одинаково у двухъ судовъ, то получается слѣдующая задача: будетъ ли количество теплоты, переданное питательной водѣ употребленіемъ тепла отработавшаго пара въ подогрѣвателяхъ одного судна, одинаково или больше, при переводѣ на единицы силъ, добавочной силы, произведенной на валу второго судна отъ пуска того же самаго количества отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ на второе расширеніе Г. В. Д. турбины и употребленіемъ съ этого мѣста на остальной части расширеній Г. В. Д. и обѣихъ турбинъ Н. Д. до холодильника; причемъ такая разница, если она будетъ, измѣряется не силами, такъ какъ полная сила для каждаго судна одна и та же для одной и той же скорости, а расходомъ угля на узелъ для производства этой скорости на двухъ судахъ.

Вопросъ зависитъ отъ большой степени расширенія въ турбинахъ вслѣдствіе большой пустоты и, слѣдовательно, большой цѣнности даннаго количества пара низкаго давленія. Въ поршневой машинѣ, работающей при пустотѣ 26″, паръ при 0 ℔ давленія по манометру можетъ только работать паденіемъ давленія отъ 0 ℔ до—13 ℔, пренебрегая всѣмъ треніемъ, суженіемъ площадей выпускныхъ пролетовъ цилиндра низкаго давленія и принимая, что давленіе на выпускной сторонѣ поршня цилиндра низкаго давленія то же, что и въ холодильникѣ. Почти при совершеной пустотѣ, какая будетъ при турбинной установкѣ съ хорошимъ полезнымъ дѣйствіемъ паденіе давленія будетъ съ 0 ℔ почти до—$14^1/_2$ ℔; здѣсь нѣтъ никакого тренія и выпускной конецъ турбины находится почти подъ давленіемъ холодильника. Другими словами, одно и то же количество пара низкаго давленія, употребленнаго на низкихъ ступеняхъ расширенія въ турбинѣ, произведетъ гораздо больше работы, чѣмъ въ цилиндрѣ низкаго давленія поршневой машины.

Способъ использованія наилучшимъ образомъ отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ долженъ быть установленъ для каждой частной установки дѣйстви-

тельнымъ испытаніемъ. Мнѣнія старшихъ механиковъ турбинныхъ установокъ иногда сильно разнятся; нѣкоторые увѣряютъ, что высокая производительность можетъ получиться отъ использованія его въ подогрѣвателяхъ питательной воды до ихъ высшаго предѣла способности, другіе говорятъ, что подогрѣватели питательной воды должны утилизировать только небольшую часть отработавшаго пара, а остатокъ долженъ быть пущенъ въ турбины. Надо вспомнить, что приспособленія для производства точныхъ испытаній на суднѣ, особенно на истребителяхъ (которыя только и суть турбинныя установки Парсонса въ настоящее время въ дѣйствительномъ обращеніи въ американскомъ флотѣ) снимаются съ судна послѣ его первыхъ испытаній. Торзіометры не всегда устанавливаются, измѣрительныя систерны снимаются, и новый старшій механикъ не имѣетъ никакихъ данныхъ, исключая нѣкоторыхъ, обыкновенно не точныхъ кривыхъ и болѣе или менѣе подтасованныхъ данныхъ испытаній, которыя всегда должны быть исправлены для примѣненія къ условіямъ нормальнаго плаванія. Результаты такихъ практическихъ наблюденій, какія были сдѣланы, приводились къ измѣренію узлами на 1 тонну угля и указывали на экономическую выгоду при употребленіи части отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ подогрѣвателяхъ питательной воды и использованія остатка въ турбинахъ. Донесенія изъ-за границы указываютъ, что почти во всѣхъ случаяхъ высокая экономія, достигаемая въ турбинныхъ установкахъ при низкихъ силахъ(безъ установки крейсерскихъ турбинъ) зависѣла въ большой мѣрѣ отъ разумнаго употребленія отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ самихъ турбинахъ. Можно привести нѣкоторые примѣры, гдѣ будетъ видна работа, которая можетъ быть произведена паромъ низкаго давленія. 30-ти узловой истребитель можетъ итти со скоростью $11^1/_2$ узловъ, употребляя только отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ главныхъ турбинахъ; броненосцы Британскаго флота класса „Neptune“ могутъ дѣлать, приблизительно, 5 узловъ, не употребляя никакого другого пара въ главныхъ турбинахъ, кромѣ отработавшаго отъ вспо-

могательныхъ механизмовъ. На испытаніяхъ броненосца „Neptune“ мощность при полной силѣ была увеличена, приблизительно, съ 23.000 до 26.500, не измѣняя условій работы котловъ, утилизаціей отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ турбинахъ, а не посылая его прямо въ холодильники.

Несмотря на нѣкоторыя существующія мнѣнія, не можетъ быть никакой экономіи въ топливѣ безъ употребленія подогрѣвателей питательной воды. Вопросъ слишкомъ ясно опредѣленъ теоріей, чтобы допустить какое-либо сомнѣніе. Весь вопросъ заключается въ томъ, чтобы найти наивыгоднѣйшую границу, т.-е. опредѣлить, сколько отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ пустить въ подогрѣватель питательной воды и сколько въ турбины. По современной американской практикѣ утилизируютъ достаточное количество отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ для повышенія температуры питательной воды съ 79° до 93°C, а остатокъ впускаютъ въ турбины. Это, дѣйствительно, наилучшее рѣшеніе задачи.

Не можетъ быть сомнѣнія, что тамъ, гдѣ расходомъ воды пользуются для опредѣленія экономичности, лучшіе результаты получаются при полномъ выключеніи подогрѣвателей питательной воды; другими словами, при большемъ расходѣ горючаго получится меньшее число фунтовъ воды на 1HP. Но единственнымъ правильнымъ основаніемъ для сужденія объ экономичности есть экономичность горючаго и, даже при пользованіи слабымъ подогрѣвателемъ питательной воды, экономія въ топливѣ увеличивается.

Есть другой пунктъ, заслуживающій упоминанія, хотя онъ и не вліяетъ какимъ-либо образомъ на экономичность турбинъ. При непользованіи подогрѣвателемъ, въ котлы будетъ подкачиваться холодная вода и это, до нѣкоторой степени, ускоритъ ихъ окончательное разрушеніе.

Для наилучшей утилизаціи отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ на всѣхъ ступеняхъ силы турбины, устраиваются слѣдующія соединенія турбинъ съ отработавшею магистралью вспомогательныхъ механизмовъ.

1. Непосредственное соединеніе магистрали отработавшаго

пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ со вторымъ (или третьимъ) расширеніемъ Г. В. Д. турбины.

2. Непосредственное соединеніе магистрали вспомогательныхъ механизмовъ съ впускнымъ паровымъ пролетомъ одной или обѣихъ турбинъ Н. Д. (Для сбереженія вѣса и упрощенія трубопровода это соединеніе дѣлается иногда въ видѣ короткаго отвѣтвленія трубъ отъ магистрали отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ въ маневрирующую паровую магистраль лѣваго борта, какъ разъ надъ маневрирующимъ клапаномъ, давая возможность пару входить въ начальный паровой пролетъ турбины Н. Д. черезъ эту маневрирующую паровую магистраль. Надо замѣтить, что этимъ пользуются при ходѣ подъ К. С. Д. комбинаціей, такъ какъ давленія въ турбинахъ распредѣляются такъ, что желательно направить отработавшій паръ вспомогательныхъ механизмовъ въ турбины въ этомъ мѣстѣ и такъ какъ турбина Л. Н. Д. получаетъ весь отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ, то излишняя работа, развитая на этомъ валу, служитъ для того, чтобы хотя отчасти компенсировать увеличенное число оборотовъ, развиваемое правымъ валомъ, потому что на этомъ валу работаютъ 2 турбины).

3. Непосредственныя соединенія дѣлаются между магистралью отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ и третьимъ расширеніемъ обѣихъ турбинъ Н. Д.

Послѣднихъ соединеній магистрали противодавленія съ двумя турбинами Н. Д. было бы достаточно, чтобы сдѣлать возможнымъ использованіе отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ отъ этого мѣста до холодильника при всѣхъ скоростяхъ и силахъ; но соединеніе съ Г. В. Д. и начальнымъ паровымъ пролетомъ лѣвой турбины Н. Д. даетъ возможность использовать этотъ отработавшій паръ на большемъ числѣ расширеній, когда увеличивается развиваемая сила. Напримѣръ, предположимъ, что противодавленіе поддерживается по манометру отъ 7 ℔ до 9 ℔ и скорость судна 15 узловъ при К. В. Д. комбинаціи. Это обозначаетъ, что отъ начальнаго давленія въ 150 ℔ въ пролетъ В. Д. паръ расширяется до давленія 5 ℔—6 ℔ на 3-емъ

расширеній Г. В. Д. турбины; въ этомъ мѣстѣ въ турбину пускается отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ и утилизируется на остальной части расширеній Г. В. Д. турбины и всѣхъ расширеній обѣихъ турбинъ Н. Д. Если сдѣланъ переходъ на К. С. Д комбинацію и скорость увеличена до 20 узловъ, то давленіе на третьемъ расширеній Г. В. Д. теперь станетъ около 15 ℔ и впускъ отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ при давленіи 7 ℔ въ турбины въ этомъ мѣстѣ не будетъ служить съ пользою; но давленіе въ паровыхъ пролетахъ турбины Н. Д. теперь стало около 6 ℔ и посредствомъ соединенія ихъ съ маневрирующей паровой магистралью передняго хода, обратное давленіе можетъ быть употреблено во всей турбинѣ Н. Д. Подобнымъ образомъ, когда сила увеличится до такой степени, что давленіе въ паровыхъ пролетахъ турбины Н. Д. будетъ больше, чѣмъ давленіе отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ, то можетъ быть открытъ впускъ на 3-е расширеніе турбинъ Н. Д. У всѣхъ соединеній турбинъ съ отработавшею магистралью, устанавливаются манометры и при всякой силѣ, при любой комбинаціи, надо только установить, какой именно манометръ показываетъ давленіе немного ниже дѣйствительнаго давленія въ отработавшей магистрали и пустить отработавшій паръ въ турбины въ этихъ мѣстахъ.

Суммируя вопросъ о надлежащихъ способахъ утилизаціи отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ, видимъ, что нѣкоторая часть этого отработавшаго пара должна быть употреблена для укупориванія сальниковъ, какъ будетъ описано позднѣе, нѣкоторая дальнѣйшая часть должна быть употреблена для поднятія температуры питательной воды съ 79° до 93° С, и для обезпеченія экономическихъ результатовъ, остатокъ долженъ быть употребленъ на возможно большемъ ряду расширеній въ турбинахъ.

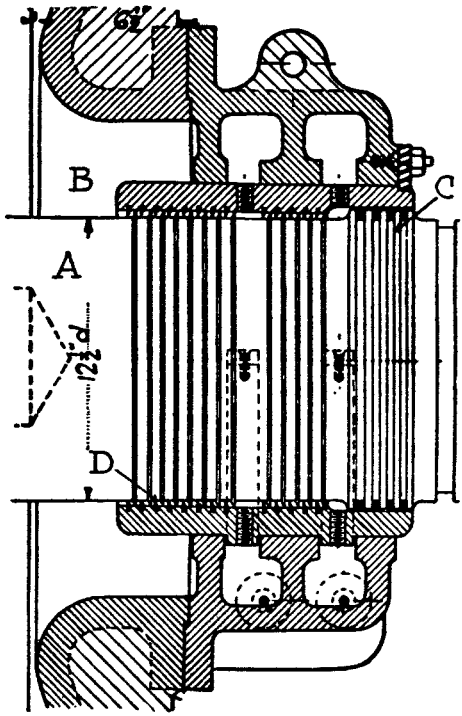
Набивочныя коробки. Возвращаясь обратно къ фиг. 1 и разсматривая временно только турбину Н. Д., будетъ видно, что задній конецъ ея ротора открытъ въ холо-

дильникъ, а передній конецъ находится подъ какимъ-то малымъ давленіемъ, происходящимъ отъ просачиванія пара изъ впускного парового пролета черезъ думмисы. Подобнымъ же образомъ для всѣхъ турбинъ; пустотѣлый роторъ является соединеніемъ между пространствомъ, наполненнымъ просочившимся паромъ, и выпускнымъ пролетомъ этой турбины. Другими словами, внутренность ротора подвержена все время давленію отработавшаго пара этой турбины. Слѣдовательно, мѣста, гдѣ валы проходятъ черезъ корпусъ турбины, всегда подвержены двумъ давленіямъ: давленію воздуха снаружи корпуса и давленію выпускаемаго пара изъ турбины извнутри корпуса. Ясно, что въ такой турбинѣ давленіе внутри корпуса будетъ больше, чѣмъ наружнаго воздуха, и паръ будетъ стремиться выходить наружу по валу въ атмосферу. Въ случаѣ другихъ турбинъ (какъ напр. задняго хода, работающихъ вхолостую при пустотѣ) наружный воздухъ будетъ стремиться просачиваться по валу въ корпусъ. Слѣдовательно, становится необходимымъ упаковывать валъ, гдѣ онъ выходитъ изъ корпуса, чтобы уничтожить или сдѣлать минимальной эту утечку. Вслѣдствіе расположенія и требующагося рода службы эта набивка, очевидно, не можетъ быть обыкновеннаго типа и современное устройство набивки развилось рядомъ опытовъ и хотя это приспособленіе не совершенно выполняетъ требованія, но даетъ общее удовлетвореніе въ смыслѣ минимальной потери пара и осмотра для поддержанія въ порядкѣ.

Фиг. 15 показываетъ общее устройство набивочной коробки, какое теперь устанавливается на морскихъ турбинахъ. Она состоитъ, главнымъ образомъ, изъ корпуса набивочной коробки изъ двухъ частей съ горизонтальной плоскостью раздѣла, снабженныхъ фланцами какъ для скрѣпленія вмѣстѣ обѣихъ половинокъ, такъ и для укрѣпленія ихъ къ самому корпусу турбины. (На нѣкоторыхъ болѣе старыхъ турбинныхъ установкахъ эти двѣ части корпуса набивочной коробки отливались заодно съ корпусомъ турбины, но такъ какъ часто бываетъ желательно осмотрѣть или перебрать набивку, не поднимая всей верхней половины

корпуса турбины, то, обыкновенно, принимается современное устройство).

Въ эти двѣ половины корпуса набивочной коробки вставлена свободно рубашка сальника, которая видна подъ лит. В на фиг. 15 и сдѣлана также изъ двухъ половинъ. Когда все на мѣстѣ, то нижняя половина рубашки



Фиг 15.

покоится на нижней половинѣ корпуса коробки; но она свободна въ ней, такъ что можетъ быть вывернута съ мѣста, когда сальникъ вскрытъ, такъ точно, какъ нижняя половинка вкладыша подшипника можетъ быть вывернута не требуя подъема вала. Когда верхняя половина этой рубашки положена на мѣсто, ея горизонтальный фланцъ лежитъ на фланцѣ нижней половины и вся рубашка удерживается отъ

вращенія небольшимъ стопоромъ или языкомъ, показаннымъ на фиг. 15 какъ разъ надъ С. Всякое стремленіе набивки двигаться въ продольномъ направленіи предупреждается кольцевыми ребрами на спинкѣ половинокъ рубашки, которыя пригнаны въ соотвѣтственныя выточки въ корпусѣ сальниковъ. Наружная поверхность самаго вала и внутренняя рубашки сальника имѣютъ лабиринтовую набивку, которая проектируется для обезпеченія постепеннаго уменьшенія давленія отъ болѣе высокаго къ низкому, независимо отъ того, будетъ ли это высшее давленіе паровое внутри корпуса, или воздушное снаружи корпуса. Въ каждомъ сальникѣ эта лабиринтовая набивка двухъ родовъ: заднія три четверти длины рубашки сальника (паровая сторона) одного типа, а передняя четверть другого. Въ первомъ типѣ на валу выточены серіи канавокъ и въ нихъ впрессованы бронзовыя полосы поперечнаго сѣченія подобнаго думмисовымъ планкамъ при радіальномъ типѣ думмисовой набивки. Эти полосы почти, но не вполнѣ касаются рубашки сальника, а отъ рубашки сальника выступаютъ полосы внутрь и почти, но не вполнѣ касаются вала. Внѣшній видъ, конструкція и дѣйствіе всего устройства почти точно такое, какъ радіальной думмисовой набивки, уже описанной, и обращеніе къ предыдущему описанію и фигурѣ, показывающей этотъ типъ набивки, дастъ наилучшее представленіе его устройства. Въ остальной части набивочной коробки выточены на валу поперемѣно канавки и кольца и въ эти канавки вставлены разрѣзанныя кольца, такія же, какъ кольца обыкновенныхъ поршней съ той разницей, что въ этомъ случаѣ валъ вращается, а не работаетъ взадъ и впередъ, какъ это происходитъ въ случаѣ поршня въ цилиндрѣ.

Кромѣ того, эти набивочныя коробки укупориваются паромъ, для чего въ корпусѣ сальника сдѣланы кольцевые каналы, соединенные какъ съ внутренностью рубашки сальника, такъ и съ трубами—подводящей паръ и выпускной. Обыкновенно, паръ подводится въ этотъ каналъ изъ магистрали отработавшагю пара вспомогательныхъ механизмовъ, а выпускное отвевстіе непосредственно соединяется

съ холодильникомъ. Манипулированіемъ клапанами этихъ двухъ соединеній въ сальникѣ можетъ быть поддерживаемо небольшое давленіе пара и утечка черезъ сальникъ предупреждается съ минимальной потерей пара. Чтобы объяснить это полнѣе, разсмотримъ какъ частный случай сальникъ, который упаковываетъ валъ турбины, въ которой поддерживается давленіе въ 30 ℔. Эти 30 ℔, пройдя черезъ лабиринтъ сальника уменьшатся до 10 ℔ и, если закрыты впускъ и выпускъ пара къ сальникамъ, то паръ подъ давленіемъ 10 ℔ будетъ стремиться выйти въ атмосферу. Лабиринтовая набивка, слѣдовательно, даетъ въ результатѣ уменьшеніе давленія просачивающагося пара съ 30 ℔ до 10 ℔, но паръ, который вытекалъ бы наружу по валу подъ давленіемъ 10 ℔, представлялъ бы въ результатѣ серьезную потерю прѣсной воды. Если теперь было бы открыто соединеніе сальника съ холодильникомъ для уменьшенія давленія 10 ℔ приблизительно до 1 ℔, то паръ только подъ этимъ давленіемъ будетъ стремиться пройти черезъ разрѣзныя кольца, и выходить въ атмосферу будетъ только незначительная струйка пара, не представляющая практической потери. Навѣрно, немного пара пойдетъ въ холодильникъ не совершивъ полезной работы, но это не будетъ потерею прѣсной воды.

Если сдѣланъ переходъ на другую комбинацію и условія внутри этой частной турбины измѣнились такъ, что 30 ℔ давленія сойдутъ на 28″ пустоты или, приблизительно—14 ℔, то воздухъ подъ давленіемъ 14 ℔ будетъ стремиться просочиться снаружи въ корпусъ. Принимая, что лабиринтовая набивка способна уменьшить эти 14 ℔ до 5 ℔, этотъ воздухъ при давленіи 5 ℔ будетъ входить внутрь турбины и потомъ въ холодильникъ. Но если соединеніе сальника съ холодильникомъ закрыто, а открыто соединеніе отработавшей магистрали отъ вспомогательныхъ механизмовъ съ сальникомъ достаточно для поддержанія 1 ℔ давленія въ сальникѣ, то тогда въ атмосферу будетъ опять просачиваться тонкая струйка пара. Воздухъ совершенно не можетъ войти внутрь ротора, а, слѣдовательно, и въ холодильникъ и только незначительное количество пара, сколько

его взято изъ вспомогательной отработавшей магистрали, идетъ въ холодильникъ безъ совершенія полезной работы.

Въ дѣйствительной практикѣ существуютъ два главныхъ способа укупориванія сальниковъ. Одинъ изъ нихъ состоитъ въ томъ, что каждый сальникъ снабжается регуляторнымъ клапаномъ и соединяется съ нѣкоторою ступенью турбины, слѣдующей далѣе въ серіи, которая имѣетъ давленіе, соотвѣтствующее тому, которое просачивается изъ сальника такъ, что этотъ просочившійся паръ не входитъ непосредственно въ холодильникъ, а совершаетъ нѣкоторую полезную работу на низкихъ ступеняхъ расширенія. Напримѣръ, К. В. Д. турбина, которая, обыкновенно, выпускаетъ паръ при 80 ℔, будетъ имѣть свои сальники соединенными непосредственно съ впускнымъ паромъ, при укупориваніи этихъ сальниковъ, когда эта турбина вращается въ пустотѣ, а трубы отъ спускныхъ отверстій будутъ отведены въ одно изъ расширеній слѣдующей за нею турбины въ серіи, такъ что количество пара, которое можетъ быть допущено просачиваться изъ сальниковъ для поддержанія давленія въ нихъ около 1 ℔, не будетъ проходить непосредственно въ холодильникъ не совершая работы, а будетъ итти на такую ступень слѣдующей въ серіи турбины, чтобы это давленіе было способно произвести работу. Въ этомъ устройствѣ излишекъ давленія во всякомъ сальникѣ употребляется съ наилучшей выгодой, а всякій недостатокъ давленія пополняется при наименьшей затратѣ свѣжаго пара. Большой недостатокъ этой системы заключается въ необходимости въ манометрахъ и клапанахъ на каждомъ сальникѣ и отдѣльной регулировкѣ каждаго клапана при всѣхъ перемѣнахъ силъ или комбинацій.

Другой способъ упаковки паромъ сальниковъ, употребляющійся теперь главнымъ образомъ, гораздо болѣе удовлетворителенъ, хотя не такъ экономиченъ. Онъ состоитъ въ томъ, что всѣ сальники соединены отдѣльными трубами съ одной магистралью, которая соединяется съ отработавшею магистралью отъ вспомогательныхъ механизмовъ и съ холодильникомъ. На этой паровой магистрали сальниковъ установленъ 1 манометръ и помѣщенъ у поста управ-

ленія; клапана для впуска пара въ сальники и для отвода просочившагося пара установлены такъ, что ими можно управлять съ рабочей платформы. Посредствомъ этихъ двухъ клапановъ и показаній манометра во всей линіи и, слѣдовательно, во всѣхъ сальникахъ, поддерживается давленіе около 1 ℔ по манометру и это давленіе пара въ сальникахъ можетъ быть быстро и легко измѣнено для любой перемѣны силы или комбинаціи. Большое преимущество этой системы заключается въ томъ, что она, практически, автоматична, такъ какъ, просачивающійся паръ изъ сальниковъ, находящихся подъ давленіемъ выше атмосфернаго, идетъ въ паровую магистраль сальниковъ и помогаетъ укупоривать остальные сальники тѣхъ турбинъ, которыя работаютъ съ пустотой. Въ плаваніи эта утечка изъ сальниковъ подъ паровымъ давленіемъ можетъ быть болѣе чѣмъ достаточна для укупориванія другихъ подъ пустотой; тогда клапанъ, отводящій просачивающійся паръ, держится слегка пріоткрытымъ и излишекъ пара идетъ въ холодильникъ. Когда сила увеличивается, упомянутый клапанъ можетъ быть постепенно закрываемъ и, когда сальники турбинъ, находящихся подъ давленіемъ пара, не доставляютъ достаточное количество пара въ магистраль сальниковъ, чтобы укупорить сальники подъ пустотою, то спускной клапанъ закрывается совершенно, и дается добавочное давленіе пара открытіемъ впускного парового клапана на вспомогательной отработавшей магистрали въ паровую магистраль сальниковъ для поддержанія нормальнаго давленія въ сальникахъ отъ 1 ℔ до $1^1/_2$ ℔.

Пока въ сальникахъ поддерживается давленіе отъ 1 ℔ до $1^1/_2$ ℔, будетъ всегда легкая утечка пара наружу по валу въ атмосферу, но эта утечка такъ мала по величинѣ, что ея вліяніемъ на расходъ прѣсной воды практически пренебрегаютъ и, пока есть небольшая утечка пара наружу, воздухъ не можетъ просачиваться внутрь турбины. Въ дѣйствительной службѣ найдено, что наилучшимъ показателемъ того, что въ сальники дано достаточное давленіе пара, служитъ выходъ изъ сальника тонкой струйки пара. Несмотря на то, что манометры сальниковъ часто испытываются и провѣряются они

часто бываютъ не вѣрны. Но небольшой опытъ даетъ возможность точно знать ожидаемую утечку и регулировка этого давленія по внѣшнему виду утечки будетъ настолько же точна, какъ и по вѣрному манометру. Есть стремленіе на сальникахъ нѣкоторыхъ большихъ турбинъ устраивать смазку разрѣзныхъ колецъ снаружи корпуса сальника. Не нужно и упоминать, что это должно употребляться возможно рѣже и современная практика стремится устранить вполнѣ эту смазку. Какъ и въ случаѣ вспомогательныхъ механизмовъ, если эти кольца смазаны хоть разъ, они будутъ всегда нуждаться въ смазкѣ, тогда какъ, если они не смазывались никогда, то они и не будутъ требовать этого впослѣдствіи. Когда сальникъ перебирается, эти кольца покрываются вазелиномъ и потомъ не требуютъ никакого ухода. Не хорошо держать давленіе въ сальникахъ выше 1 ℔ или $1^1/_2$ ℔, такъ какъ, кромѣ чрезмѣрной потери пара, происходящей отъ давленія выше этого, получается аксіальное давленіе на эти кольца, что имѣетъ послѣдствіемъ добавочное истираніе между ними и кромками канавокъ на валу.

Въ современныхъ установкахъ сальники причиняютъ мало работы или вовсе никакой и не требуютъ особеннаго ухода. Изрѣдка случается, что кольца ломаются или изнашиваются до того, что требуютъ перемѣны. Первыми показателями этого, обыкновенно, бываютъ легкія потрескиванія въ сальникѣ, когда валъ медленно проворачивается, и, во-вторыхъ, эта поломка указывается чрезмѣрнымъ количествомъ просачивающагося изъ сальника пара. При сальникѣ, корпусъ котораго укрѣпленъ болтами во фланцахъ къ корпусу турбины, переборка сальника не представляетъ никакой трудности. При перестановкѣ верхней половины вниманіе должно быть обращено только на то, чтобы получить въ одно и то же время плотными вертикальный и горизонтальный стыки. Но это только обычная механическая трудность, испытываемая при сборкѣ такихъ соединеній; если же собрать и притянуть плотно сначала углы, а не собирать поочереди каждую сторону фланца, то получить плотное соединеніе не представляетъ труд-

ности. При разборкѣ, верхняя крышка должна подниматься прямо вверхъ, пока не будетъ увѣренности, что полосы сальника свободны, такъ какъ онѣ чрезвычайно тонки и чувствительны къ самому легкому касанію. По той же причинѣ, при вывертываніи съ мѣста нижней половинки рубашки сальника, хорошо вводить временную предохранительную прокладку въ пространство между рубашкою и валомъ.

При второй системѣ трубопровода къ сальникамъ, при которой сальники соединены отдѣльными трубами въ одинъ паровой трубопроводъ, устраиваются клапана, посредствомъ которыхъ сальники крейсерскихъ турбинъ могутъ быть изолированы отъ остальной части системы, когда эти турбины разъединены и стоятъ неподвижно.

Глава IX.

Холодильники.

Въ современной морской поршневой машинѣ тройного расширенія съ отношеніемъ площади цилиндра высокаго давленія къ площади низкаго какъ $1 : 7^1/_2$, и съ отсѣчкою въ цилиндрѣ высокаго давленія на $^1/_3$ хода поршня, полная степень расширенія будетъ $7^1/_2 \times 3 = 22^1/_2$ (по объемамъ). Въ турбинахъ достигается много большая степень расширенія. При начальномъ давленіи въ 150 фн и пустотѣ холодильника 29″ паръ расширяется, приблизительно, въ 150 разъ. Если пустота будетъ только 26″, то полная степень расширенія уменьшится до 63. Для поршневыхъ машинъ не будетъ выигрыша отъ увеличенія пустоты далѣе 26″, такъ какъ размѣры цилиндра низкаго давленія и выпускныхъ пролетовъ неизбѣжно ограничены практическими конструктивными соображеніями; но при проектированіи турбины, она приспосабливается для утилизаціи болѣе высокой пустоты и, слѣдовательно, увеличенной степени расширенія.

Отсюда очевидно, что мощность турбины въ широкой степени зависитъ отъ величины достижимой пустоты. Мощность поршневой машины въ рѣдкихъ случаяхъ можетъ быть повышена увеличеніемъ пустоты выше 26″ или 27″, но при турбинѣ можетъ быть использована какая бы ни было высокая пустота, и надо добиваться наивозможнаго приближенія къ абсолютному вакууму. Компанія Парсонса установила, что увеличеніе пустоты на 1″ съ 26″ на 27″ производитъ добавочную мощность въ $4^0/_0$, а дальнѣйшее увеличеніе на 1″ съ 27″ до 28″ даетъ добавочную мощность до $4^1/_2{}^0/_0$. Увеличеніе на 1″ отъ 28″ до 29″ даетъ добавочную выгоду въ $5^1/_2{}^0/_0$, и суммированіе этихъ цифръ даетъ почти

поражающій результатъ, что увеличеніе пустоты отъ 26″ (при обыкновенной поршневой машинѣ) до 29″ уменьшаетъ расходъ пара въ турбинной установкѣ приблизительно на 20%. Однако, для всякаго, кто имѣлъ дѣйствительную практику въ управленіи турбинами, этотъ пунктъ кажется не достаточно сильно изложеннымъ, такъ какъ вся установка чрезвычайно чувствительна къ величинѣ пустоты. Давленіе пара въ турбинѣ задняго хода, которое даетъ 200 оборотовъ въ 1 минуту при пустотѣ 29″, дастъ только 100 оборотовъ въ 1 минуту при 22″ пустоты. Мощность котловъ, которая легко даетъ 20 узловъ при высокой пустотѣ, дастъ только 18 узловъ, если пустота упадетъ на нѣсколько дюймовъ.

Изъ этого слѣдуетъ, что одна изъ особенностей проекта турбинной установки—это величина, устройство и детали холодильниковъ и относящихся къ нимъ механизмовъ, потому что они должны всегда поддерживать наивысшую возможную пустоту; всѣ же усилія механика должны быть направлены къ поддержанію холодильниковъ, воздушныхъ насосовъ, циркуляціонныхъ помпъ и пр. въ возможно наилучшихъ условіяхъ. Увеличеніе размѣровъ и мощности воздушныхъ насосовъ, холодильниковъ и циркуляціонныхъ помпъ сопровождалось бы, безъ сомнѣнія, увеличеніемъ пустоты, въ извѣстныхъ предѣлахъ, но, если для этого будетъ употребляться одинъ упомянутый способъ, то величина и вѣсъ этихъ вспомогательныхъ механизмовъ увеличились бы до невозможныхъ предѣловъ, особенно при стремленіи повысить пустоту на послѣдній дюймъ. Эта необходимость высокой пустоты для турбинъ была причиною введенія различныхъ методовъ увеличенія мощности холодильниковой установки безъ ненормальнаго увеличенія мѣста и вѣса, занятаго вспомогательными механизмами. Наиболѣе важные изъ нихъ слѣдующіе: введеніе сухого и мокраго воздушныхъ насосовъ, аугментора и зачерпывающей системы циркуляціи (или холодильниковъ съ водопротокомъ).

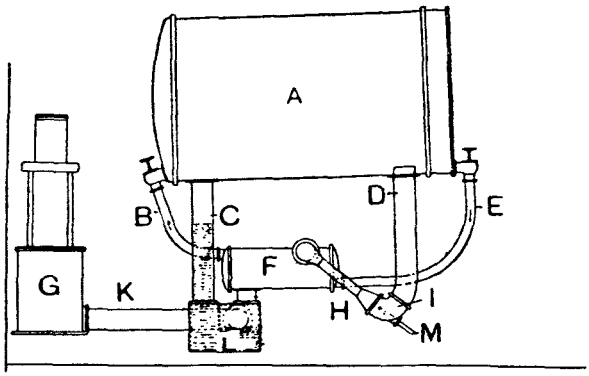
Обыкновенно устройство, принятое на послѣднихъ судахъ—это установка холодильника немного большаго размѣра, чѣмъ для поршневой машины такой же силы въ

связи съ однимъ изъ устройствъ, увеличивающихъ пустоту.

Мокрый и сухой воздушные насосы представляютъ собою 2 отдѣльныхъ насоса для каждаго холодильника. Сухой воздушный насосъ качаетъ только воздухъ и испареніе изъ холодильника, тогда какъ мокрый или обыкновенный воздушный насосъ выкачиваетъ оставшееся еще испареніе и конденсаціонную воду. Сухой воздушный насосъ помѣщается довольно высоко въ машинномъ отдѣленіи и выкачиваетъ, обыкновенно, въ атмосферу. Иногда этотъ насосъ бываетъ независимый, а иногда, вмѣстѣ съ мокрымъ воздушнымъ насосомъ, приводится отъ самой машины. Употребленіемъ этого насоса можетъ быть поддерживаема пустота 29″. Клапанная коробка сухого воздушнаго насоса должна охлаждаться циркулирующею вокругъ нея водою. Эти спеціальные насосы имѣютъ много видоизмѣненій и каждый строитель измѣняетъ видъ помпы, ея помѣщеніе и ея мѣсто пріема изъ холодильника по своему взгляду. Во всѣхъ мокрыхъ и сухихъ насосахъ принципъ почти одинъ и тотъ же и мы не будемъ приводить описанія различныхъ типовъ.

Аугменторъ пустоты, введеніе компаніи Парсонса, есть средство увеличенія пустоты, чаще всѣхъ, обыкновенно, находимое при установкѣ турбинъ Парсонса, исключая таковыхъ большого размѣра. Устанавливаются обыкновенные холодильникъ и воздушный насосъ, оба немного большей мощности, чѣмъ для поршневой машины соотвѣтствующей силы. Аугменторъ пустоты вполнѣ независимъ отъ воздушнаго насоса и можетъ быть включенъ въ дѣйствіе и выключенъ по желанію. Детали этого устройства ясно видны на фиг. 16. Изъ холодильника имѣется 2 отдѣльныхъ всасыванія: одно водяное, другое воздушное, оба связанные съ обыкновеннымъ воздушнымъ насосомъ. На пріемной трубѣ воздуха помѣщенъ небольшой пароструйный аппаратъ, который вытягиваетъ воздухъ изъ холодильника и нагнетаетъ въ пріемное пространство воздушнаго насоса подъ давленіемъ отъ 1″ до 1½″ ртутнаго столба свыше давленія въ холодильникѣ. Въ трубопроводъ между аугменторомъ и

воздушнымъ насосомъ включенъ небольшой вспомогательный холодильникъ для охлажденія испареній, которыя воспринимаютъ тепло отъ струи пара. Воздушные насосы помѣщены довольно низко въ суднѣ и мѣсто пріема воздушнаго насоса или помѣщается достаточно низко или на трубѣ дѣлается карманъ, чтобы образовать водяной запоръ для прегражденія входа воды и испареній обратно въ холодильникъ. Аугменторъ беретъ паръ изъ магистрали свѣжаго пара вспомогательныхъ механизмовъ при котельномъ да-



Фиг. 16.

A—главный холодильникъ; *B*—отливная труба циркуляціонной воды изъ холодильника аугментора; *C*—водяная пріемная труба изъ главнаго холодильника; *D*—вознушная пріемная труба изъ главнаго холодильника; *E*-пріемная труба циркуляціонной воды для холодильника аугментора; *F*—холодильникъ аугментора; *G*—воздушный насосъ; *H*—пріемная труба воздушнаго насоса; *I*—сопло аугментора; *K*—пріемная труба воздушнаго насоса изъ холодильника аугментора; *L*—водяной затворъ; *M*—паровая труба къ аугментору пустоты.

вленіи. Его употребленіе увеличиваетъ пустоту отъ 1″ до 2″, обыкновенно на $1^1/_4$″. При малыхъ силахъ, употребляя аугменторъ, турбинное судно можетъ поддерживать почти совершенную пустоту, если всѣ соединенія плотны и циркуляціонная вода достаточно холодна.

Зачерпывающая система циркуляціи устроена на нѣкоторыхъ быстроходныхъ судахъ для увеличенія количества охлаждающей воды, не увеличивая ненормально размѣровъ циркуляціонныхъ помпъ. Вокругъ наружной кромки пріемнаго

отверстія въ днѣ судна устроенъ небольшой козырекъ. Пріемная труба отъ забортнаго отверстіе до холодильника устроена съ постепеннымъ подъемомъ отъ этого ковша до патрубка холодильника такъ, что вслѣдствіе движенія судна циркуляціонная вода нагнетается въ большомъ количествѣ въ холодильникъ безъ употребленія насоса. Отливная труба за бортъ устроена подобно пріемной, такъ что при заднемъ ходѣ теченіе воды черезъ холодильникъ будетъ какъ разъ противоположное. Циркуляціонныя помпы на суднѣ съ этимъ типомъ циркуляціи чрезвычайно малы и имѣютъ отдѣльныя пріемныя отверстія; когда онѣ работаютъ, главные кингстоны должны быть закрыты, чтобы предупредить короткую циркуляцію воды, т.-е. теченіе воды обратно за бортъ черезъ главныя впускныя трубы, тогда какъ вода должна итти черезъ холодильники. Эти помпы предназначаются только какъ вспомогательныя при прогрѣваніи или остановкѣ, или когда судно идетъ съ весьма незначительною скоростью. Это устройство имѣетъ нѣкоторыя преимущества и, если установлено соотвѣтствующимъ образомъ, то даетъ полную выгоду противъ употребленія тяжелой быстровращающейся циркуляціонной помпы. При всѣхъ скоростяхъ, кромѣ очень малыхъ, черезъ холодильникъ проходитъ много большее количество охлаждающей воды, чѣмъ при помпахъ нормальной величины; и количество и скорость охлаждающей воды увеличиваются пропорціонально увеличенію силы и скорости судна. Такимъ образомъ достигается всегда сравнительно высокая пустота.

То, что устройство не дало до сихъ поръ наилучшаго удовлетворенія на практикѣ, происходитъ потому, что вспомогательная циркуляціонная помпа всегда была слишкомъ малой мощности. При теплой водѣ въ тропикахъ эта вспомогательная помпа была слишкомъ слабой и не давала достаточно воды, чтобы поддерживать холодильники холодными, когда судно имѣетъ незначительную скорость. Изъ практики было также найдено, что перемѣна направленія движенія судна не можетъ быть никогда достаточно быстрой, чтобы сразу перемѣнить направленіе циркуляціи воды въ холодильникзхъ, и при всѣхъ продолжительныхъ маневрированіяхъ

употреблялась вспомогательная помпа, чтобы не допустить паденія пустоты почти до 0. Между тѣмъ не можетъ быть никакого сомнѣнія относительно производительности козырька при ходѣ впередъ. Въ противоположность, болѣе или менѣе, главнымъ мнѣніямъ, выступающій козырекъ на борту судна не производитъ цѣнной потери скорости для данной силы, вѣроятно, потому, что козырекъ можетъ быть сдѣланъ очень малымъ и на инжекцію вліяетъ больше постепенный подъемъ трубы, нежели зачерпывающее дѣйствіе козырька.

Если установленная помпа будетъ достаточной величины, чтобы быть дѣйствительною помощью, то не можетъ быть и вопроса о выгодѣ этой системы.

Пустота. Какъ будетъ видно впослѣдствіи, во время прогрѣванія пустота поддерживается довольно низкая и никогда не допускается подниматься выше 2″ или 3″, пока турбины не провернуты паромъ. Какъ только онѣ провернуты, но до доклада объ ихъ готовности, воздушнымъ насосамъ прибавляется ходъ и пустота постепенно доходитъ до 27″ или 28″. При первомъ сигналѣ или непосредственно передъ дачей хода открывается паръ къ аугментoрамъ. Хотя никакого поврежденія не можетъ случиться при открываніи ихъ быстро во всю, тѣмъ не менѣе, обыкновенно, ихъ открываютъ постепенно, чтобы полное открытіе можно было сдѣлать въ 1 или 2 минуты. При работѣ маневрирующихъ турбинъ состояніе холодильника измѣняется быстро, такъ какъ эти турбины доставляютъ ненормальное количество тепла въ холодильники при продолжительномъ употребленіи. Должны быть приложены всѣ усилія для поддержанія наивысшей возможной пустоты при маневрированіи; для этого, если маневрированіе продолжительно, воздушные насосы и циркуляціонныя помпы должны работать при наивысшей скорости. При маневрированіи пустота 27″ считается высокою и она часто падаетъ до 22″ и даже ниже. При установившемся ходѣ, послѣ перехода на крейсерскую комбинацію, пустота медленно поднимается; скорость воздушныхъ и циркуляціонныхъ насосовъ уменьшается, а пустота поднимается до нормальной величины соотвѣтственно данной скорости

и силѣ. Напримѣръ, изъ предыдущихъ опытовъ извѣстно, что при скорости циркуляціонной помпы 200 оборотовъ въ 1 минуту и воздушнаго насоса 10 двойныхъ ходовъ въ 1 минуту пустота поддерживается $29^1/_2''$ при скорости судна въ 15 узловъ; температура циркуляціонной воды около 10°С. Послѣ продожительнаго маневрированія эта пустота можетъ упасть до 22″ при работѣ воздушнаго насоса со скоростью 40 двойныхъ ходовъ и циркуляціонной помпы 400 оборотовъ въ 1 м. Вскорѣ послѣ перехода на К. В. Д. комбинацію пустота начнетъ подниматься, а скорость воздушнаго и циркуляціоннаго насосовъ можетъ быть постепенно уменьшаема, пока не будутъ достигнуты минутъ черезъ 5 или 10 нормальныя условія.

Только опытъ съ каждою отдѣльной установкою турбинъ опредѣлитъ, какая пустота можетъ быть достигнута при различныхъ силахъ съ различными скоростями насосовъ и при разныхъ температурахъ входящей воды. Опытъ нѣсколькихъ мѣсяцевъ съ установкою опредѣлитъ предѣлы этихъ перемѣнъ, всякое же ненормальное положеніе будетъ выказывать само себя сразу. Если при извѣстныхъ условіяхъ ожидается пустота 29″, а можетъ быть достигнута только 28″, или что поддерживаніе 29″ требуетъ чрезмѣрной скорости нососовъ, то, обыкновенно, эта ненормальность можетъ быть по 3 причинамъ: вопервыхъ, вакуметры могутъ давать невѣрныя показанія; вовторыхъ, аугменторъ можетъ дѣйствовать не вполнѣ нормально, втретьихъ, можетъ быть просачиваніе воздуха или какой-нибудь недостатокъ въ самой системѣ. Нѣсколькими простыми испытаніями можно опредѣлить, по какой изъ трехъ причинъ произошла неисправность. Величина пустоты и температура отливной воды отъ воздушнаго насоса тѣсно связаны между собою и измѣненіе въ одномъ будетъ отзываться на другомъ. Обращаясь къ послѣднимъ записямъ этихъ двухъ температуръ, будетъ видно сразу, даетъ ли вакуметръ вѣрныя показанія. Если такое обращеніе къ предыдущему покажетъ, что онъ приблизительно правиленъ, то можно прикрыть паръ къ аугментору и, если пустота сразу упадетъ на 1″ до $1^1/_4$, то ошибку надо искать въ другомъ мѣстѣ. Неисправность тогда

заключается въ системѣ или въ просачиваніи воздуха и надо изслѣдовать всю установку. Это изслѣдованіе можетъ быть наиболѣе труднымъ и изнурительнымъ и источникъ можетъ быть найденъ и въ 5 минутъ, но его можно не найти и въ 5 дней.

Съ того времени, какъ судно на ходу, изслѣдованіе воздушнаго насоса, конечно, невозможно и первыя детали, которыя должны быть осмотрѣны—это сальники турбинъ Н. Д. и задняго хода, которые могутъ быть не достаточно укупорены паромъ и допускаютъ просачиваніе воздуха въ холодильники. Надо замѣтить давленіе въ сальникахъ по манометру и смотрѣть, чтобы оно было нормальнымъ. Если на манометрѣ нормальное показаніе, то посмотрѣть, выходитъ ли обычная тонкая струйка пара по валу изъ этихъ сальниковъ; если это также нормально, то мало вѣроятія, что причина неисправности заключается въ этомъ; но чтобы быть увѣреннымъ, что показанія манометра вѣрны, увеличиваютъ давленіе въ сальникахъ до 4 или 5 ℔; если это не оказываетъ никакого дѣйствія на пустоту, то, слѣдовательно, прежнее давленіе было достаточно и должны быть открыты спускные клапана, пока давленіе не прійдетъ къ прежнему. Далѣе, осматривается все продуваніе, чтобы убѣдиться, что всѣ продувательные краны плотно закрыты, исключая тѣхъ, которые должны быть открыты. (Открыто при ходѣ впередъ только продуваніе турбинъ задняго хода и турбинъ, которыя не работаютъ, а вращаются въ пустотѣ).

Если и теперь мѣсто пропуска не опредѣлено, то изслѣдованіе распространяется далѣе. Если течетъ холодильникъ, то это можно узнать сразу пробой воды въ тепломъ ящикѣ; но кромѣ этой весьма простой возможности есть много другихъ причинъ порчи. Могутъ быть пропуски: вокругъ штока микрометра турбинъ Н. Д., въ предохранительныхъ клапанахъ турбинъ задняго хода, предохранительныхъ клапанахъ холодильниковъ и въ содовыхъ кранахъ. Могутъ быть пропуски въ сальникахъ штоковъ клапановъ или гдѣнибудь можетъ пропускать соединеніе на одномъ изъ мелкихъ трубопроводъ къ вакуметрамъ и т. п. Чтобы найти такой пропускъ, надо только постепенно перебрать всѣ воз-

можныя причины. На одномъ истребителѣ одно время могла поддерживаться пустота только 22″, тогда какъ нормальная была 29″ до 29½″. Въ теченіе трехъ или четырехъ дней искали источникъ; были пересмотрѣны оба воздушные насоса и всѣ сомнительные трубопроводы, въ которыхъ могъ быть пропускъ. Наконецъ было найдено, что отдалась сальниковая гайка на 1¼″ клапанъ на трубопроводѣ отъ паровой магистрали сальниковъ къ манометру и, такъ какъ этотъ клапанъ былъ внизу почти подъ К. В. Д. турбиною, то это было обнаружено случайно. Послѣ простого поджатія этой гайки пустота поднялась сразу до нормальной величины. Этотъ чрезвычайно малый пропускъ уменьшалъ полную скорость судна на 2 или 3 узла.

Чрезвычайно важно, чтобы пустота поддерживалась на наивысшей возможной точкѣ и чтобы предупреждались всѣ возможные пропуски воздуха. Никакія усилія для достиженія этихъ результатовъ не безплодны. Часто бываетъ лучше помириться съ пустотою 29″, чѣмъ искать причину потери ½″ пустоты, которая сдѣлала бы ее 29½″. Всякое судно, которое когда-либо ходитъ съ пустотою меньшей, чѣмъ можетъ быть достигнута, работаетъ съ малою производительностью и не экономично. Если на ходу пустота падаетъ сразу на 1″ или 2″, то всегда можетъ быть отмѣчено паденіе давленія въ трубопроводѣ сальниковъ, обыкновенно, вслѣдствіе небрежности управляющаго, который или слишкомъ прикрылъ впускной клапанъ пара къ сальникамъ, или оставилъ слишкомъ много открытымъ спускной клапанъ.

Вслѣдствіе того, что аугменторъ со своимъ холодильникомъ помѣщаются въ трюмѣ подъ главнымъ холодильникомъ, на нихъ, обыкновенно, обращаютъ мало вниманія. Но на ходу холодильники аугментора надо, отъ времени до времени, ощупывать рукою, чтобы убѣдиться, что они не забиты морскою травою и т. п. Охлаждающая ихъ вода отвѣтвляется, отъ главной циркуляціонной струи, проходя помимо главнаго холодильника, и, такъ какъ она берется, обыкновенно, отъ нижней части главнаго кингстона, то есть вѣроятіе, что она улавливаетъ непропорціонально большое количество морской травы и осадка. По этой причинѣ

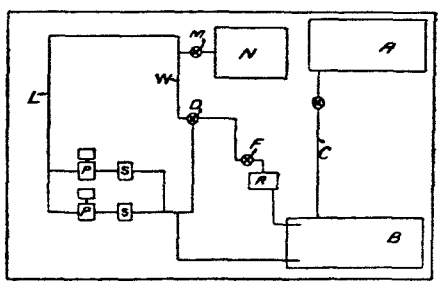
иногда замѣчается высокая температура отливной воды изъ воздушнаго насоса, и полезное дѣйствіе аугментора уменьшается. Паровое сопло должно быть иногда вынимаемо для осмотра.

Введеніе турбины и необходимость въ высокой пустотѣ обратили вниманіе конструкторовъ на холодильники и воздушные насосы и за послѣдніе нѣсколько лѣтъ сдѣлано больше усовершенствованій въ этой области, чѣмъ было сдѣлано за предыдущіе 20 лѣтъ. Здѣсь не будемъ описывать различныхъ типовъ и входить въ разборъ ихъ относительныхъ преимуществъ и недостатковъ. Холодильники «Uniflux» и «Contra-flo» суть усовершенствованія англійскихъ инженеровъ, направленныя для увеличенія конденсирующей способности при томъ же занимаемомъ мѣстѣ. Во Франціи появился усовершенствованый типъ холодильника Нормана, который признается однимъ изъ наиболѣе радикальныхъ и успѣшныхъ улучшеній въ конструкціи холодильниковъ, которыя были сдѣланы въ теченіе многихъ послѣднихъ лѣтъ. Въ этомъ типѣ, оба конца трубокъ раскатаны въ трубныхъ доскахъ, а весь корпусъ холодильника и трубки изогнуты по радіусу около 1 : 14. Расширеніе трубокъ, такимъ образомъ, происходитъ по кривой и всѣ безпокойства о набивкѣ, пропускающихъ сальникахъ и т. п. уничтожаются. У такого холодильника могутъ быть смѣнены трубки въ четыре раза быстрѣе, чѣмъ у подобнаго холодильника съ обыкновенной набивкою и, вѣроятно, вдвое дешевле. Собранный плотно сразу онъ никогда не потечетъ, исключая случая окончательнаго разрушенія и, слѣдовательно, поломки трубокъ.

Глава X.

Трубопроводъ форсированной смазки.

При всѣхъ турбинныхъ установкахъ устраивается трубопроводъ форсированной смазки, по которому подводится масло ко всѣмъ главнымъ и упорнымъ подшипникамъ. При обыкновенномъ расположеніи масло находится въ отстойной систернѣ, помѣщенной въ машинномъ отдѣленіи ниже уровня подшипниковъ, и берется изъ этой систерны и прогоняется черезъ подшипники небольшими паровыми помпами. Пройдя подшипники, масло падаетъ въ имѣемые подъ подшипниками масляные поддоны и подъ дѣйствіемъ собственнаго вѣса уходитъ изъ этихъ поддоновъ обратно въ систерну. Въ нѣкоторыхъ установкахъ вентиляторы, циркуляціонныя помпы и другіе вспомогательные механизмы большой скорости смазываются отвѣтвленіями отъ главнаго маслянаго трубопровода.



Фиг. 17.

Фиг. 17 показываетъ схематически обыкновенную установку: *A* запасная систерна, изъ которой можетъ впускаться масло въ отстойную систерну *B* по небольшой трубкѣ *C*.

PP суть масляныя помпы, которыя выкачиваютъ масло изъ отстойной систерны *B* черезъ фильтры *SS* и нагнетаютъ его черезъ маслоохладитель *N* въ подшипникъ *R*.

Запасная систерна. Эта систерна раздѣляется на три или четыре отдѣленія, каждое представляющее въ дѣйствительности отдѣльную систерну. Онѣ соединены трубами такъ, что каждое можетъ быть въ сообщеніи съ любыми изъ другихъ или съ трубопроводомъ *C* въ отстойную систерну. Каждое отдѣленіе снабжено трубопроводомъ для наполненія его съ верхней палубы и для осушенія, а также для наполненія ведрами изъ машиннаго отдѣленія. Каждое отдѣленіе имѣетъ, обыкновенно, стекло и шкалу, разбитую на дѣленія для указанія въ ней количества масла. Вмѣстимость этой систерны для турбинной установки средняго размѣра около 1880 до 2350 фунтовъ.

Отстойная систерна. Эта систерна помѣщается довольно низко въ машинномъ отдѣленіи подъ уровнемъ подшипниковъ для того, чтобы дать возможность маслу легко стекать подъ дѣйствіемъ вѣса изъ подшипниковъ. Она снабжена поплавкомъ со штокомъ, выходящимъ сверху систерны и указывающимъ на шкалѣ количество въ ней масла. Обыкновенно, на ходу поддерживаютъ эту систерну наполненной на $^1/_2$ или $^3/_4$; въ противномъ случаѣ, когда помпы будутъ остановлены, масло изъ трубопровода стечетъ назадъ въ систерну и переполнитъ ее. Обычная вмѣстимость этой систерны для средней величины турбинной установки отъ 1410 до 1645 фунтовъ. Въ наиболѣе низкомъ мѣстѣ этой систерны установленъ спускной кранъ, который можетъ замыкаться. Дѣлается это для того, чтобы случайное открытіе вслѣдствіе небрежности или вибраціи не могло имѣть результатомъ значительную потерю масла, прежде чѣмъ открытіе будетъ замѣчено. Систерна снабжается сверху горловиною для облегченія осмотра и чистки.

Фильтры. Устанавливаемые фильтры для масла обыкновеннаго типа Макомба со вставной корзинообразной сѣткой и снабжены крышкой на петляхъ, удерживаемой собачкой, такъ что они могутъ быть быстро открыты для очистки или перемѣны сѣтки. Эти корзины сдѣланы изъ

очень тонкой проволочной сѣтки и служатъ для очистки масла отъ постороннихъ тѣлъ, исключая самыхъ малыхъ частей грязи и песчинокъ. Эти фильтры открываются и чистятся послѣ каждаго перехода, а при продолжительномъ переходѣ черезъ извѣстные періоды. Для облегченія этого, обыкновенно, держатъ одну или двѣ запасныхъ сѣтки фильтровъ въ какомъ-нибудь мѣстѣ около нихъ и приспосабливаютъ небольшой шлангъ отъ одной изъ сосѣднихъ паровыхъ магистралей для продуванія этихъ корзинъ; этотъ способъ можно считать наибыстрѣйшимъ и наилучшимъ способомъ полной ихъ очистки.

Масляныя помпы. Масляные насосы суть обыкновенные паровые насосы поршневого типа, устанавливаемые въ двойномъ количествѣ, такъ что каждый или оба могутъ быть пущены въ любое время. Они, обыкновенно, дѣлаются немного бо́льшихъ размѣровъ, чѣмъ дѣйствительно необходимо, такъ что каждая помпа можетъ поддерживать полную нагрузку при всѣхъ условіяхъ, работая умѣренной скоростью. Удвоенный комплектъ этихъ помпъ обезпечиваетъ запасъ въ случаѣ поломки или недостатка въ одной и такъ какъ нагрузка можетъ быть перемѣнена съ одной на другую на ходу, то можно мѣнять для чистки сѣтки, не останавливая теченія масла черезъ подшипники. Обыкновенно, 2 помпы помѣщаются рядомъ для упрощенія трубопровода и для облегченія надзора. Обыкновенная практика — это употреблять одну помпу при низкихъ скоростяхъ, поддерживая другую болѣе или менѣе прогрѣтою и готовою къ употребленію. При высокихъ силахъ обѣ помпы работаютъ изъ предосторожности на случай остановки одной и по той причинѣ, что при употребленіи обѣихъ помпъ увеличивается полезное дѣйствіе маслоохладителя, какъ будетъ объяснено ниже.

Обращаясь опять къ фиг. 17, видимъ, что выпускная магистраль *L* отъ насосовъ подводитъ масло къ клапану *M*, посредствомъ котораго масло можетъ быть послано черезъ охладитель или послѣдній можетъ быть вполнѣ обойденъ и масло послано непосредственно въ трубу *W*. Манипулируя этимъ клапаномъ, можно направить лю-

бую часть идущаго изъ помпы масла, по желанію черезъ холодильникъ и этимъ осуществляется средство регулированія температуры масла въ термическихъ предѣлахъ охладителя. Одинъ термометръ устанавливается на трубопроводѣ *L*, а другой на трубѣ *W* за охладителемъ; клапанъ *M* имѣетъ указатель и шкалу, которая указываетъ величину его открытія въ десятыхъ доляхъ полнаго открытія. По показаніямъ этихъ термометровъ и шкалы можно знать точно работу охладителя и включить или выключить его изъ дѣйствія, смотря по тому, желательна ли для подшипниковъ высокая или низкая температура масла. Кромѣ того, давая возможность поддерживать масло при извѣстной температурѣ, это устройство позволяетъ регулировать охладитель для различныхъ климатовъ и различныхъ температуръ циркуляціонной воды, такъ что масло можетъ посылаться въ подшипники всегда при наивыгоднѣйшей температурѣ для полезнаго смазыванія.

Охладитель. Обыкновенный типъ охладителя не нуждается въ особомъ описаніи. Онъ похожъ по принципу дѣйствія и по конструкціи на поверхностный холодильникъ. Масло проходитъ по трубкамъ, а циркуляціонная вода вокругъ нихъ. Пространство, въ которое поступаетъ масло, и трубки раздѣляется нѣсколькими перегородками на секціи, причемъ сосѣднія секціи соединяются на противоположныхъ концахъ охладителя, такъ что масло проходитъ изъ конца въ конецъ охладителя четыре или болѣе разъ. Охлаждающая вода входитъ въ нижней части передняго конца охладителя и выпускается за бортъ изъ верхней части задняго конца. Въ нѣкоторыхъ установкахъ охлаждающая вода доставляется спеціальнымъ насосомъ, называемымъ циркуляціонной помпою маслоохладителя. Тамъ, гдѣ установлена эта помпа, дѣлается также и соединеніе съ одною изъ главныхъ циркуляціонныхъ помпъ, какъ вспомогательное средство. Иногда спеціальной помпы не устанавливается, а устраивается только соединеніе съ главною циркуляціонною помпою. Въ этомъ случаѣ дѣлается также соединеніе съ пожарной и трюмной помпами машиннаго отдѣленія, такъ что и пожарная, и трюмная помпа

могутъ давать воду въ охладитель черезъ главную пожарную магистраль.

Какъ и вообще, при передачѣ теплоты степень полезнаго дѣйствія охладителя зависитъ въ широкой степени отъ чистоты поверхностей и относительныхъ скоростей масла и циркуляціонной воды. Для того, чтобы во всякое время могъ быть достигнутъ наибольшій охлаждающій эффектъ, охладитель долженъ быть время отъ времени вскрываемъ для очистки поверхностей трубокъ. Необходимость этой операціи вызывается черезъ большіе промежутки времени и за эту работу слѣдуетъ браться только тогда, когда приходитъ необходимость. Полезное дѣйствіе нѣкоторыхъ охладителей было улучшено въ дѣйствительной службѣ вставленіемъ свободно въ трубки «ретардеровъ». Эти ретардеры были сдѣланы на суднѣ свиваніемъ длинныхъ тонкихъ мѣдныхъ полосъ въ спирали. Одна изъ слабѣйшихъ чертъ маслоохладителей, употребляющихся теперь, заключается въ томъ, что соединенія между ребрами или радіальными перегородками въ масляныхъ камерахъ и перегородками, раздѣляющими трубки на отдѣленія, при съемѣ крышекъ разбираются. При обратной постановкѣ крышекъ трудно быть увѣренымъ, что эти соединенія плотны. Концы перегородокъ трубокъ имѣютъ канавки, которыя заполнены свинцомъ; когда масляныя камеры ставятся на мѣсто, кромки перегородокъ въ крышкахъ вдавливаютя въсвинецъ въ этихъ канавкахъ. Устройство далеко неудовлетворительно, такъ какъ какая-нибудь незначительная неплотность соединенія имѣетъ слѣдствіемъ переходъ масла изъ однаго отдѣленія въ масляной камерѣ въ другое безъ перехода по трубкамъ.

На нѣкоторыхъ судахъ были установлены, такъ называемые, спиральные охладители, которые даютъ въ высшей степени удовлетворительные результаты. Ихъ принципъ дѣйствія заключается въ томъ, что масло проходитъ въ видѣ спиральнаго тонкаго слоя по охлаждающей поверхности. Одна въ другую вставлены двѣ спирально согнутыя трубы, образуя между стѣнками малое пространство, по которому проходитъ масло; по внутренней трубѣ проходитъ охлаждаю-

щая вода. Эти холодильники даютъ высокую степень полезнаго дѣйствія на единицу охлаждающей поверхности.

Изъ общаго разсмотрѣнія сущности любой смазочной системы для турбинныхъ подшипниковъ будетъ видно, что желательно подводить масло къ подшипникамъ подъ постояннымъ давленіемъ, независимо отъ скорости масляныхъ насосовъ. При нѣкоторой крейсерской скорости можетъ быть желательно сдѣлать это постоянное давленіе 5 ℔ во всѣхъ подшипникахъ, а при высшей скорости 10 ℔. Но въ любомъ случаѣ 5 ℔ или 10 ℔ должны быть поддерживаемы постоянно, несмотря на перемѣны давленія пара или скорости помпъ, и это давленіе должно быть легко и быстро регулируемо съ площадки управленія. Для обезпеченія этого устроены предохранительные клапана съ пружинной нагрузкой (D на фиг. 17) на отливной магистрали изъ холодильника въ подшипники. Для измѣненія нагрузки этого клапана устраивается удобный приводъ съ площадки управленія; выпускная же труба отъ этого клапана отводится обратно въ пріемную коробку помпы, такъ что, если помпа приспособлена къ ходу умѣренной скоростью, то все управленіе давленіемъ къ подшипникамъ производится измѣненіемъ нагрузки на этотъ предохранительный клапанъ. Напримѣръ, обѣ помпы могутъ работать и выпускать масло подъ давленіемъ 40 ℔ въ магистраль L; но если предохранительный клапанъ D установленъ на 5 ℔, то въ трубопроводѣ къ подшипникамъ давленіе будетъ поддерживаться только 5 ℔, а излишекъ будетъ выпускаться обратно въ пріемную коробку насоса. Теперь видна причина, почему при высокихъ силахъ работаютъ обѣ помпы: въ этомъ случаѣ является возможность прогонять масло по трубопроводу отъ насосовъ къ охладителю и назадъ черезъ предохранительный клапанъ, въ то время какъ въ подшипникахъ поддерживается постоянное давленіе. Такимъ образомъ, можно заставить масло проходить черезъ охладитель много разъ.

Нѣкоторые подшипники расположены ближе къ предохранительному клапану D чѣмъ другіе и, такъ какъ этотъ клапанъ поддерживаетъ постоянное давленіе въ трубопроводѣ

къ подшипникамъ, то подшипники на дальнемъ концѣ машиннаго отдѣленія будутъ получать масло подъ давленіемъ меньшимъ чѣмъ тѣ, къ которымъ масло подходитъ болѣе короткой проводкой трубъ. По этой причинѣ, на трубахъ къ каждому подшипнику устанавливаются регуляторные клапана (F на фиг. 17). Эти клапана даютъ возможность точно установить давленіе и количество доставляемаго масла къ любому подшипнику согласно потребностямъ этого частнаго подшипника. Предположимъ, напримѣръ, что во всемъ смазочномъ трубопроводѣ поддерживается давленіе 10 ℔; это давленіе требуется для упорнаго подшипника Л.Н.Д. турбины, но если такое давленіе идетъ къ К.С.Д. заднему подшипнику, то въ немъ можетъ причинить серьезные побѣги масла наружу по валу. Поэтому регулирующій клапанъ у задняго подшипника К.С.Д. турбины частью прикрывается, чтобы уменьшить давленіе 10 ℔ въ трубопроводѣ до такого, которое требуется для производительной смазки этого подшипника. Эти клапана имѣютъ съемный патронный ключъ для того, чтобы ихъ открытіе не могло быть незамѣтно измѣнено кѣмъ либо изъ неуполномоченныхъ людей, послѣ того какъ они были установлены надлежащимъ образомъ. Ключъ отъ этихъ клапановъ находится, обыкновенно, у старшаго машиниста и онъ одинъ только въ правѣ измѣнять открытіе клапановъ. Существованіе этихъ клапановъ позволяетъ выключить любой подшипникъ системы, не останавливая масляныхъ насосовъ, какъ напримѣръ, когда бываетъ необходимо пересмотрѣть или исправить подшипникъ на ходу.

На фиг. 12 показано сѣченіе черезъ главный и упорный подшипники. Трубопроводъ масла присоединяется къ нижней половинкѣ стула подшипника, такъ что онъ не мѣшаетъ подъему верхней крышки. Масло заполняетъ кольцевое пространство вокругъ подшипника и проходитъ внутрь черезъ маленькія дырочки въ верхней половинкѣ вкладыша къ самому валу. Отъ этихъ дырочекъ изъ кольцевыхъ пространствъ сдѣланы масляныя канавки въ бѣломъ металлѣ главнаго подшипника для распредѣленія масла по всей поверхности. Подобнымъ образомъ, въ кольцахъ упорнаго подшипника про-

сверлены дырочки и масляныя канавки на ихъ рабочихъ сторонахъ распредѣляютъ масло по всему упорному подшипнику.

На концахъ подшипниковъ должны быть сдѣланы нѣкоторыя приспособленія для предупрежденія просачиванія масла наружу по валамъ изъ подъ крышекъ подшипниковъ. Тамъ гдѣ подшипникъ помѣщается на концѣ вала (какъ въ случаѣ упорнаго подшипника на фиг. 12) это не представляетъ большой трудности, такъ какъ весь конецъ масляннаго поддона за валомъ можетъ быть закрытъ мѣднымъ листомъ; но тамъ, гдѣ валъ продолжается за конецъ подшипника (какъ въ случаѣ всѣхъ подшипниковъ, исключая переднихъ подшипниковъ на каждомъ валу), сдѣлать это не такъ просто. Устройство и расположеніе соотвѣтствующихъ задерживающихъ планокъ сильно различаются въ различныхъ установкахъ. При болѣе раннихъ турбинныхъ установкахъ потеря масла изъ подъ подшипниковъ иногда становилась чрезвычайно серьезною, но систематическіе эксперименты съ различными типами преграждающихъ планокъ были почти во всѣхъ случаяхъ успѣшны въ смыслѣ уменьшенія такой утечки до незначительной величины. Типичное устройство этихъ задерживателей показано на фиг. 12 у задняго конца главнаго подшипника. Самъ валъ на длинѣ главной шейки обтачивается уменьшеннаго діаметра, такъ что первое препятствіе побѣгу масла изъ подъ крышки подшипника представляетъ заплечикъ, гдѣ діаметръ вала начинаетъ увеличиваться. Сразу за этимъ мѣстомъ выточены на валу серіи канавокъ; выступы между этими канавками называются отбрасывающими кольцами. При вращеніи вала эти отбрасывающія кольца дѣйствіемъ центробѣжной силы сбрасываютъ масло съ вала въ масляный поддонъ. Кромѣ того, концы подшипниковъ имѣютъ одно или болѣе, такъ называемыхъ, задерживающихъ колецъ, которыя укрѣплены винтами къ подшипникамъ и обработаны почти до плотнаго прилеганія къ валу. Дѣйствіе этихъ колецъ заключается въ предупрежденіи дальнѣйшаго прохода масла, которое можетъ пройти за отбрасывающія кольца. Эти задерживающія кольца сдѣланы изъ половинокъ, такъ что они могутъ быть установлены на мѣсто и осмотрѣны, не

снимая верхней крышки подшипника. Какъ видно изъ чертежа, одинъ комплектъ задерживающихъ колецъ укрѣпленъ къ самому вкладышу подшипника, а другой къ чугунному стулу. Внѣшнее кольцо (какъ указано на фиг. 12), обыкновенно пригоняется въ канавку на валу.

Степень полезнаго дѣйствія этого устройства зависитъ отъ числа отбрасывающихъ колецъ и отъ разстоянія между концомъ подшипника и послѣднимъ задерживающимъ кольцомъ. Другими словами, если это разстояніе довольно большое, все масло будетъ сброшено отбрасывающими кольцами въ масляный поддонъ. На практикѣ такое устройство во многихъ случаяхъ не было удовлетворительно потому, что невозможно было сдѣлать разстояніе отъ кромки подшипника до послѣдняго задерживающаго кольца настолько большимъ, чтобы было достаточно мѣста для сбрасыванія всего масла въ поддонъ. Чтобы предотвратить утечки, происходящія отъ такихъ условій, было испробовано на различныхъ судахъ много измѣненій. Однимъ изъ довольно успѣшныхъ измѣненій была установка набивочнаго сальника на валу въ концахъ главныхъ подшипниковъ.

Детали устройствъ для предупрежденія утечки масла при различныхъ установкахъ, обыкновенно, различаются, но всѣ они, до нѣкоторой степени, суть только измѣненія описаннаго общаго типа, и отъ механика зависитъ сдѣлать такія измѣненія, чтобы устранить какую бы то ни было утечку масла. Если подшипникъ установленъ съ слишкомъ большимъ зазоромъ или онъ настолько сносился, что даетъ возможность ротору просѣсть на нѣколько тысячныхъ дюйма, утечка масла пропорціонально увеличится. Между тѣмъ, вообще, опытъ и прошлыя неисправности дали въ результатѣ болѣе широкое знаніе причинъ утечки изъ подшипниковъ и это улучшило задерживающія приспособленія, которыя значительно уменьшили пропуски масла.

Отъ времени до времени можетъ понадобиться исправленіе задерживающаго кольца, т. е. пригонка его напильникомъ сравнительно до плотнаго соприкосновенія съ валомъ. Иногда такое исправленіе устраняетъ течь, которая иначе могла бы достигнуть серьезныхъ размѣровъ. Дыры

для винтовъ, которыми эти кольца укрѣплены къ подшипникамъ, дѣлаются слегка продолговатыми, такъ что кольца могутъ быть сданы внизъ плотнѣе къ валу ударами по наружной кромкѣ.

Для стока масла изъ подшипниковъ въ отстойную систерну употребляются 2 главныя схемы, обѣ имѣющія нѣкоторыя выгоды и недостатки. Въ одномъ типѣ установки, вдоль машиннаго отдѣленія подъ уровнемъ подшипниковъ идетъ одна труба довольно большого діаметра съ отростками. Ея задній конецъ входитъ въ отстойную систерну. Выпускная труба отъ каждаго маслянаго поддона идетъ непосредственно внизъ къ этой магистрали и каждая снабжена смотровымъ стекломъ и термометромъ вблизи самаго подшипника. Въ другомъ типѣ установки отъ каждаго подшипника въ отстойную систерну проведена отдѣльная выпускная труба. Наверху отстойной систерны устроенъ прямоугольный ящикообразный патрубокъ, открывающійся въ нее; отдѣльныя возвратныя трубы подведены къ этому патрубку. Онъ снабженъ передней стеклянной стѣнкой, такъ что съ площадки управленія ясно видно количество масла, стекающаго отъ каждаго подшипника. Термометры помѣщены на выпускныхъ трубахъ сразу у ихъ входа въ патрубокъ и этимъ термометрамъ данъ легкій уклонъ назадъ, такъ что ихъ показанія можно читать съ платформы управленія. Первое устройство съ общей возвратной трубою масла отъ всѣхъ подшипниковъ, сильно упрощаетъ количество масляныхъ трубъ въ трюмѣ, уменьшаетъ, до нѣкоторой степени, сопротивленіе теченію обратно масла и уничтожаетъ всякое стремленіе масла переполнять масляные поддоны и выходить наружу по валу. Это упрощеніе трубопровода очень важно на истребителяхъ или тѣхъ судахъ, гдѣ установка стѣснена, такъ какъ даже въ наилучшемъ случаѣ трюмъ и пространства между турбинами заполнены трубами и почти недоступны для очистки. Другое устройство, имѣющее отдѣльныя сточныя трубы отъ каждаго подшипника, соединяющіяся въ одномъ патрубкѣ со стекломъ, очень цѣнно на практикѣ, такъ какъ упрощается надзоръ. Одинъ вахтенный у этого патрубка, не сходя

со своего мѣста, можетъ знать въ любой моментъ точное состояніе всѣхъ подшипниковъ. Если изъ какого-нибудь подшипника не идетъ надлежащимъ образомъ масло или, когда какой-нибудь подшипникъ начинаетъ грѣться, это обнаруживается немедленно. При ходѣ съ большой скоростью эта выгода особенно цѣнна для вахтеннаго механика, такъ какъ, помѣстившись между двумя выпускными патрубками турбинъ Н.Д., онъ можетъ непосредственно видѣть все въ машинномъ отдѣленіи, начиная съ давленій въ различныхъ турбинахъ до температуръ всѣхъ подшипниковъ. При другомъ же устройствѣ надо періодически обходить все, провѣряя термометры и наблюдая за стеклами на каждомъ подшипникѣ.

При всѣхъ системахъ форсированной смазки приходитъ время, когда масло въ системѣ, болѣе или менѣе, теряетъ свои смазывающія качества и требуетъ перемѣны. Къ сожалѣнію пока еще нѣтъ ни одного достаточно точнаго и простого способа, который бы далъ возможность старшему механику сказать точно, когда масло въ системѣ пришло въ такое состояніе, что его смазывающія качества теряются. Обыкновенно, теперь оставляютъ одно отдѣленіе запасной систерны для стараго масла и, когда предполагаютъ, что масло сдѣлалось настолько испорченнымъ, что имѣетъ малое значеніе въ смазывающей системѣ, оно выкачивается въ эту запасную систерну и сохраняется для расхода на вспомогательные механизмы или для чистки, а новое масло напускается въ отстойную систерну на его мѣсто. Пока не войдутъ въ употребленіе какія-нибудь дѣйствительныя испытанія для опредѣленія смазывающей способности масла, до тѣхъ поръ опредѣленіе срока службы систерны масла будетъ всегда, до нѣкоторой степени, гадательнымъ. Сравненіе ежедневныхъ температуръ масла, выходящаго изъ подшипниковъ, можетъ дать нѣкоторыя указанія, но даже и на это указаніе нельзя полагаться.

При всякой системѣ форсированной смазки въ масло попадаетъ значительное количество воды. Эта вода поступаетъ изъ разныхъ источниковъ. Напримѣръ, если какія-нибудь поршневыя машины, какъ вентиляторы или цирку-

ляціонныя помпы находятся въ системѣ, то вода можетъ пройти въ масло черезъ набивочныя коробки штоковъ клапановъ и поршневыхъ штоковъ. Такіе пропуски какъ эти, отъ которыхъ получается въ маслѣ немного прѣсной воды, суть нормальные и они предусматриваются. Послѣ нѣсколькихъ недѣль наблюденія механикъ будетъ знать какова, приблизительно, должна быть ежедневная прибыль просочившейся воды въ маслѣ и увидитъ сразу, когда эта прибыль увеличится до ненормальной величины. Соленая вода можетъ очутиться въ маслѣ различными путями. Маслоохладитель можетъ слегка течь, немного воды можетъ попасть въ подшипники изъ трубъ заливанія водою или вода можетъ войти въ отстойную систерну изъ шланга при скачиваніи, или на истребителяхъ и другихъ малыхъ судахъ отъ брызгъ или трюмной воды при свѣжей погодѣ.

Присутствіе воды въ трубопроводѣ форсированной смазки можетъ быть, до нѣкоторой степени, источникомъ опасности въ зависимости отъ качества и сорта масла и отъ количества и природы (соленая или прѣсная) воды. Въ нѣкоторыхъ маркахъ турбинныхъ маселъ небольшое количество прѣсной воды не имѣетъ вреднаго вліянія. Вода находится въ смѣси, когда система въ дѣйствіи, а послѣ хода падаетъ на дно отстойной систерны и можетъ быть выпущена въ трюмъ. Это нормальное положеніе. Въ нѣкоторыхъ другихъ маркахъ турбинныхъ маселъ вода эмульсируетъ или обмыливаетъ масло, пока оно не потеряетъ своего первоначальнаго вида и смазочной способности. Эти условія указываются, обыкновенно, тѣмъ, что послѣ хода на днѣ отстойной систерны не будетъ совершенно осѣвшей воды, а масло постепенно будетъ переходить изъ своего первоначальнаго вида въ бѣлую тѣстообразную массу, которая можетъ, въ концѣ концевъ, сдѣлаться настолько густой, что не будетъ въ состояніи надлежащимъ образомъ течь черезъ подшипники. Всякое масло, которое такимъ образомъ мѣняетъ свой видъ и составъ, не должно быть употребляемо, такъ какъ на рынкѣ существуютъ всегда хорошія марки турбиннаго масла, которыя не принимаютъ воды. Случалось прежде, что извѣстныя признанныя марки тур-

биннаго масла выдѣлывались иногда немного отличающагося состава изъ другого масла или той-же самой марки. Другими словами, изъ двухъ партій одного и того же сорта масла, одна была хорошимъ смазочнымъ масломъ, а другая плохимъ. Поэтому невозможно быть увѣреннымъ, что какое-либо масло, даже, если это будетъ той марки, которая употреблялась съ успѣхомъ, будетъ продолжать давать тѣже самые результаты.

Такое явленіе часто случается и, найдя разъ хорошее турбинное масло, дающее хорошую смазку, не принимающее воду и не теряющее своихъ первоначальныхъ качествъ, надо взять за привычку тщательно продувать отстойную систерну каждое утро на якорѣ, тщательно замѣчая количество выпущенной воды и убѣждаясь въ томъ, что она соленая или прѣсная. Если установлена только одна отстойная систерна, то на ходу невозможно продувать изъ нея воду, такъ какъ движеніе масла въ систернѣ поддерживаетъ воду въ смѣси и не даетъ осаждаться ей на дно. На нѣкоторыхъ судахъ, совершающихъ большіе рейсы, въ послѣднее время устанавливаютъ 2 отстойныхъ систерны, которыя работаютъ поперемѣнно по 24 часа. При этомъ устройствѣ половина масла находится въ покоѣ каждые 24 часа и передъ включеніемъ систерны въ работу можно спустить изъ нея всю воду. Послѣ выхода обычнаго количества прѣсной воды при продуваніи даютъ выйти небольшому количесту масла, чтобы убѣдиться, что оно нормально по виду и качеству. Часто, даже при хорошихъ маслахъ на днѣ систерны осѣдаетъ тяжелая тѣстообразная масса, которая должна быть выпускаема въ трюмъ. Обыкновенно, за одинъ разъ, ее не бываетъ никогда больше нѣсколькихъ фунтовъ и какъ только начнетъ течь хорошее масло изъ спускного крана, онъ долженъ быть закрыть. Масло, выпускаемое изо-дня въ день, замѣщается свѣжимъ масломъ въ такомъ же количествѣ изъ запасной систерны.

Если количество выпускаемой воды чрезмѣрно, но она прѣсная, то слѣдуетъ сразу же осмотрѣть набивочныя коробки всѣхъ вспомогательныхъ механизмовъ, включенныхъ въ масляную систему, такъ какъ въ большинствѣ

случаевъ ненормальность происходитъ отъ этого. Если есть какое-либо указаніе, что вода соленая, то должны быть приняты самыя энергичныя мѣры, чтобы найти и остановить утечку, такъ какъ присутствіе довольно значительнаго количества соленой воды въ маслѣ имѣетъ серьезное воздѣйствіе на бѣлый металлъ подшипниковъ, который изнашивается скорѣе и даетъ возможность ротору просѣсть.

Присутствіе воды въ маслѣ вызываетъ ржавленіе валовъ въ предѣлахъ подшипниковъ, особенно упорныхъ колецъ, червячнаго привода для регулятора и стѣнокъ и дна масляннаго поддона. Когда упорные подшипники открыты въ первый разъ, механикъ будетъ удивленъ и озабоченъ ихъ видомъ, хотя ихъ состояніе не такъ серьезно какъ они выглядятъ. Ржавленіе, обыкновенно, ограничивается не рабочими поверхностями и, если что-либо и появится на нихъ, исчезаетъ послѣ нѣсколькихъ минутъ вращенія. Если турбины проворачиваются паромъ, по крайней мѣрѣ, разъ въ недѣлю, это ржавленіе валовъ никогда не будетъ серьезнымъ. Для предосторожности надо каждый день поднимать давленіе въ масляной системѣ на нѣсколько минутъ, такъ какъ, если система вполнѣ воздухонепроницаема, то масло заполнитъ всѣ подшипники и масляные поддоны и будетъ, болѣе или менѣе, держаться въ нихъ послѣ того, какъ насосы будутъ остановлены. Между тѣмъ, если турбины не были въ работѣ нѣсколько недѣль, будетъ благоразумно вскрыть и очистить всѣ упорные подшипники и покрыть тонкимъ слоемъ вазелина кольца и другія части валовъ.

Черезъ извѣстные промежутки времени необходимо опустошать и очищать всю масляную систему. Необходимость этого можетъ произойти отъ разныхъ причинъ. Одна изъ различныхъ причинъ та, что масло можетъ сдѣлаться грязнымъ и нуждается или въ фильтровкѣ или въ полной замѣнѣ новымъ, если сильно испорчено. Если масло не сохраняется, то самымъ быстрымъ способомъ опоражниванія системы будетъ выпускъ масла черезъ продувательный кранъ отстойной систерны въ трюмъ и выкачиваніе его оттуда за бортъ. Если масло сберегается для фильтровки или употребленія во вспомогательныхъ механизмахъ, то можно

предложить слѣдующій быстрый и удобный способъ выпусканія масла изъ системы. Разбирается одно соединеніе маслянаго трубопровода, предпочтительно вблизи масляной помпы, и фланецъ, обращенный къ насосу, заглушается; въ эту заглушку ввертывается короткая $^1/_2''$ или $^3/_4''$ труба съ обыкновеннымъ проходнымъ клапаномъ. Проводится 20-ти и 30-ти футовый резиновый шлангъ и посредствомъ соединенія этого шланга съ трубою и поднятіемъ давленія въ масляномъ трубопроводѣ 2 ℔ или 3 ℔ масляными насосами, масло можетъ быть быстро перекачено въ бочки на палубѣ или въ запасную систерну. При употребленіи такого способа масляная система можетъ быть выкачена въ нѣсколько минутъ до уровня пріемнаго отверстія помпъ въ отстойной систернѣ, а остатокъ масла (за этимъ малымъ количествомъ не слѣдуетъ и гнаться) продувается въ трюмъ.

Чтобы вычистить систему послѣ того какъ масло выкачено, отстойная систерна наполняется растворомъ соды въ прѣсной водѣ; вода нагрѣвается (удобно и быстро паровымъ шлангомъ) и этотъ растворъ соды прокачивается черезъ масляную систему въ теченіе двухъ или трехъ часовъ. Потомъ помпы останавливаются и послѣ выпуска изъ отстойной систерны этого раствора соды, она опять наполняется чистой прѣсной водою и система тщательно промывается прокачиваніемъ воды по трубамъ. Послѣ тщательнаго выпуска всего, можно наливать новое масло изъ запасной систерны или обратно старое. Если старое масло предназначено къ употребленію, то должно быть тщательно профильтровано черезъ различной густоты кисею или подобную матерію. Во всякомъ случаѣ, масло должно быть налито въ отстойную систерну сразу послѣ того какъ окончена операція промывки. Какъ только масло въ отстойной систернѣ покроетъ немного пріемное отверстіе для насоса, пускаютъ масляные насосы и они работаютъ около $^1/_2$ часа. Посредствомъ этого всѣ подшипники и масляные поддоны заполняются масломъ и, такимъ образомъ, будетъ предупреждено ржавленіе валовъ и стѣнокъ масляныхъ поддоновъ отъ присутствія воды, употреблявшейся для промывки.

Если предполагаютъ, что масло въ системѣ принимаетъ воду, которая не отдѣляется и не продувается, то можно предложить быстрое удобное испытаніе: взбалтывается небольшое количество бензина въ бутылкѣ съ пробою масла. Бензинъ разъединяетъ сразу масло и воду. Всякій разъ когда масло наливается въ запасную систерну изъ бочекъ или банокъ, оно должно быть тщательно профильтровано. Это особенно необходимо на судахъ, отапливаемыхъ углемъ, съ воронками для наполненія на палубѣ, такъ какъ въ нихъ можетъ попасть угольная пыль, зола и т. п.

Масляный трубопроводъ и прокладки для соединеній. Для масляныхъ трубопроводовъ употребляются мѣдныя трубы съ фланцевыми или гаечными соединеніями въ зависимости отъ діаметра трубъ и мѣстоположенія соединенія. Для уплотненія этихъ соединеній требуется, болѣе или менѣе, постоянное усиліе, такъ какъ масло подъ давленіемъ 10 ℔ легко просачивается черезъ соединенія, которыя были паро или водонепроницаемы даже при большемъ давленіи. Вопросъ кромѣ того усложняется тѣмъ, что многія изъ этихъ соединеній (такія какъ соединенія между трубами обратнаго масла и масляными поддонами) находятся почти въ недоступныхъ мѣстахъ и часто требуютъ употребленія спеціальныхъ ключей.

Выборъ соотвѣтствующаго прокладочнаго матеріала въ сильной степени помогаетъ поддержанію масляной системы непроницаемою. Прорезиненая прокладка или листовая резина неподходящи, потому что на нихъ дѣйствуетъ масло. Употребленіе, вообще, волокнистаго прокладочнаго матеріала должно быть исключено, такъ какъ часто масло уноситъ съ кромки прокладки небольшія волокна въ фильтры, постепенно ихъ засоряя. На одномъ суднѣ употребленіе волокнистой прокладки въ соединеніяхъ на корпусѣ вентилятора дѣлало необходимымъ перемѣну и чистку масляныхъ фильтровъ каждые нѣсколько часовъ. Масляные трубопроводы теперь собираются на слѣдующія прокладки:

1 Металлъ на металлъ.
2. Жидкій шеллакъ.
3. Плетеныя прокладки.

4. Нѣкоторыя изъ извѣстныхъ спеціальныхъ сортовъ прокладокъ для масла.

Соединенія металла на металлъ оченъ распространены на масляныхъ трубопроводахъ береговыхъ установокъ и иногда на судахъ для соединеній у подшипниковъ и въ магистрали. Ихъ употребленіе сдѣлается, вѣроятно, преимущественнымъ. Второй методъ, при которомъ фланцы покрываются тонкимъ слоемъ жидкаго шеллака, довольно распространенъ, гдѣ не получается плотнаго соединенія металла на металлъ, но гдѣ нужно тонкое соединеніе (какъ въ соединеніяхъ подшипниковъ, гдѣ толщина прокладки вліяетъ на зазоръ въ подшипникѣ). Оно представляетъ недорогое и легко разбираемое соединеніе и почти всегда употребляется для вертикальныхъ и горизонтальныхъ фланцевъ подшипниковъ. Плетенка, будучи сравнительно не дорогою, даетъ превосходную прочную прокладку для масляныхъ соединеній и поэтому часто употребляется. Таже самая прокладка можетъ быть употреблена нѣсколько разъ, если осторожно разбирать соединеніе. Тоже самое замѣчаніе приложимо и къ различнымъ патентованнымъ прокладкамъ для масляныхъ соединеній.

Глава XI.

Прогрѣваніе и приготовленіе къ ходу турбинъ.

Относительно наилучшаго метода приготовленія турбинъ къ ходу существуетъ большое разнообразіе во мнѣніяхъ между механиками. Всѣ мнѣнія одинаковы относительно начала операціи и окончательной цѣли; что же касается способа производства, продолжительности этой работы и т. д., то согласія во взглядахъ бываютъ рѣдки. Несомнѣнно, что причиною большого количества несогласій служитъ то, что не можетъ быть установлено для этого никакого постояннаго правила, которое бы подошло болѣе чѣмъ къ одной частной установкѣ, потому что операція прогрѣванія турбинъ гораздо сложнѣе чѣмъ прогрѣваніе поршневыхъ машинъ и можетъ измѣняться въ своихъ требованіяхъ изо-дня въ день даже на одномъ и томъ же суднѣ. Одна установка турбинъ большая и тяжелая, съ толстыми корпусами, тяжелыми фланцами и большими укрѣпляющими ребрами; другая, для миннаго судна, чрезвычайно легкая, корпуса турбинъ сравнительно тонкіе, а фланцы и ребра соотвѣтственно легкіе и легко прогрѣвающіеся. Кромѣ того, валоповоротный механизмъ для однѣхъ турбинъ можетъ быть стараго медленновращающагося ручного типа, тяжелаго и неудобнаго въ работѣ, тогда какъ у другихъ турбинъ можетъ быть установленъ приводъ отъ мотора или машинки. Ясно, что методъ прогрѣванія одного комплекта турбинъ едва ли приложимъ къ другому. Вся работа зависитъ отъ благоусмотрѣнія и знанія механика, который долженъ приспособить имѣемый приводъ для наиболѣе полезнаго и безопаснаго способа прогрѣванія своихъ турбинъ.

Для полнаго пониманія различныхъ способовъ обогрѣванія турбинъ, вошедшихъ въ общее употребленіе, необходимо сначала со всѣхъ сторонъ ознакомиться съ тѣмъ, къ чему надо стремиться въ этомъ отношеніи. Длины большинства турбинъ сравнительно съ ихъ діаметрами большія, въ ихъ конструкцію входятъ металлы съ 3 и 4 различными коэффиціентами расширенія, радіальные зазоры въ лопаткахъ и зазоры въ думмисахъ чрезвычайно малы. Холодныя, т. е., неподвижныя турбины принимаютъ температуру машиннаго отдѣленія, которая, приблизительно, можетъ быть отъ 24° до 32° С. Горячія, въ работѣ онѣ могутъ имѣть любую температуру отъ температуры перегрѣтаго пара при 275 ℔ до температуры влажнаго пара при—14 ℔ давленія (по манометру). Кромѣ того, каждая отдѣльная турбина можетъ имѣть разницу температуръ отъ впускного до выпускного концовъ отъ 100° до 110° С (въ турбинѣ Н. Д. паръ можетъ расширяться отъ 57 ℔ абсолютнаго давленія до 1 ℔ абс.). Принимая коэффиціентъ расширенія мѣди около 0,0000108, и предполагая, что 6″ лопатка изъ этого металла нагрѣта на 93° С выше окружающихъ лопатокъ, она имѣла бы длину приблизительно 6.013″, т. е. стала бы настолько длинною, что заняла бы почти весь данный радіальный зазоръ, если этотъ зазоръ не увеличился бы на соотвѣтствующую величину. Проведемъ эту мысль далѣе: Какая-нибудь отдѣльная часть облопатыванія, въ видѣ кольца или пояса, или небольшая группа лопатокъ ротора или корпуса можетъ сдѣлаться теплѣе и длиннѣе чѣмъ остальная часть и, когда турбина вращается, эти болѣе длинныя лопатки могутъ задѣвать за корпусъ или роторъ съ достаточною силою, чтобы быть ослабленными или сорваными.

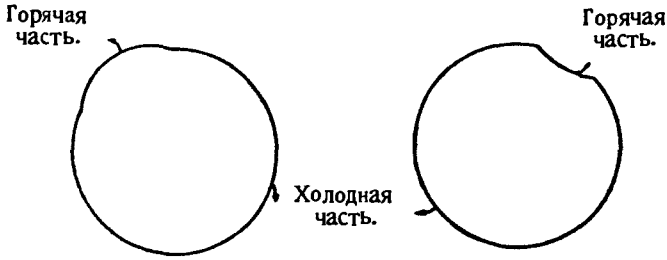
Очевидно, что для того, чтобы турбина была приготовлена къ ходу, она должна быть вся ровно прогрѣта или, другими словами, расширена до увеличенныхъ размѣровъ соотвѣтственно увеличенію температуры. Если лопатки на нѣкоторой ступени увеличиваются на 0,010″ по длинѣ, то и внутренній діаметръ корпуса долженъ увеличиться на достаточную величину, чтобы сохранился необходимый радіальный зазоръ. Это происходитъ одновременно съ посте-

пеннымъ поднятіемъ температуры всей массы турбины отъ 24° (температура машиннаго отдѣленія), приблизительно до 120° или 150°, въ зависимости отъ того, какую единичную турбину въ серіи будемъ разсматривать. Для всѣхъ практическихъ цѣлей этотъ подъемъ температуры можетъ быть проведенъ въ турбинахъ или въ 5 минутъ, или въ 5 часовъ, заботясь только о томъ, чтобы теплота была распредѣлена одинаково по всей массѣ турбины и, чтобы этотъ подъемъ температуры не былъ такъ внезапенъ, чтобы произвести существенную деформацію въ металлѣ.

Теоретически, способъ сообщенія тепла турбинѣ кажется простымъ: Теплота заключается въ парѣ котловъ и, при необходимости передать ее турбинамъ, надо только открыть дыхательные клапана и пропускать паръ низкаго давленія черезъ турбины. На практикѣ, по многимъ различнымъ соображеніямъ, это нельзя провести.

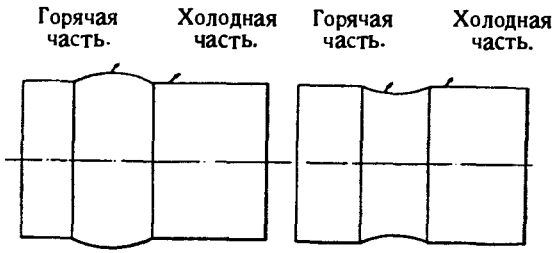
Недостаточно совершенное прогрѣваніе турбины можетъ имѣть результатомъ коробленіе какъ части, такъ и всего ротора и цилиндра съ облопатываніемъ. Это коробленіе, обыкновенно, обнаруживается только по такимъ результатамъ, какъ срываніе лопатокъ или заѣданіе думмисовъ и т. п., и причина случившагося можетъ быть вопросомъ теоріи или догадокъ. Однако, резонно повѣрить, что почти всѣ неисправности происходятъ, до нѣкоторой степени, по слѣдующимъ причинамъ:

1. Часть ротора или корпуса въ видѣ продольной полосы можетъ быть иначе нагрѣта, чѣмъ остальная часть, заставляя сѣченіе принимать форму, показанную умышленно утрированною на фиг. 18.



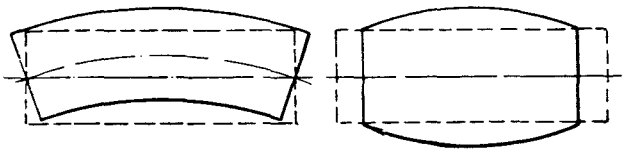
роторъ. Фиг. 18. корпусъ.

2. Кольцо лопатокъ ротора или корпуса можетъ быть иначе нагрѣто чѣмъ остальное облопатываніе. Въ этомъ случаѣ сѣченіе черезъ турбину имѣло бы видъ, указанный на черт. 19.



Фиг. 19.

3. Роторъ или корпусъ цѣликомъ могутъ быть покороблены или согнуты какъ на фиг. 20.



Фиг. 20.

4. На роторѣ или корпусѣ можетъ быть небольшое мѣсто, болѣе или менѣе, круглой формы, гдѣ лопатки будутъ иной температуры, а слѣдовательно и иной длины сравнительно съ окружающими лопатками, вслѣдствіи исключительнаго источника тепла или холода, приложеннаго къ этому мѣсту.

5. По той же самой причинѣ роторъ или корпусъ могутъ быть мѣстами покороблены.

Перечисленные пункты могутъ быть, до нѣкоторой степени, причинами всѣхъ послѣдствій несовершеннаго прогрѣванія; они выбраны самымъ тщательнымъ образомъ и на нихъ базируется вся операція прогрѣванія. Слѣдовательно, необходимо: вопервыхъ, подводить тепло и къ ротору и къ корпусу; вовторыхъ, подводить такое тепло одинаково ко всей турбинѣ и, втретьихъ, заботливо устранять все, что можетъ отнять или прибавить ненормальное количество

тепла въ какомъ нибудь отдѣльномъ мѣстѣ или части турбины.

По отношенію къ продолжительности времени, необходимаго для сообщенія этого однообразнаго нагрѣва, не можетъ быть дано ни точныхъ, ни приблизительныхъ правилъ. Большія, тяжелыя турбины требуютъ для прогрѣванія отъ 4 до 8 часовъ, тогда какъ серія малыхъ турбинъ можетъ быть вполнѣ безопасно прогрѣта въ 15 минутъ. Турбины долгое время сохраняютъ тепло послѣ того, какъ перестали работать и, въ теченіе 12 до 24 часовъ послѣ остановки онѣ остаются болѣе или менѣе теплыми. При турбинахъ средняго размѣра продолжительность времени, необходимаго для полнаго приготовленія ихъ къ дѣйствію въ теченіе первыхъ 12 часовъ послѣ остановки будетъ измѣняться въ зависимости отъ количества часовъ, прошедшихъ съ момента остановки; напримѣръ, для турбинъ, для которыхъ нормальный періодъ обогрѣванія есть 2 часа, требуется только 1 часъ, если онѣ были остановлены 6 часовъ тому назадъ. Если же ихъ надо пускать въ работу спустя только 2 или 3 часа послѣ остановки, то, въ большинствѣ случаевъ, вполнѣ безопасно открыть паръ въ нихъ для пуска въ ходъ безъ какого-либо обогрѣванія. Въ этихъ послѣднихъ случаяхъ надо быть увѣреннымъ, что турбины совершенно были остановлены и что онѣ теряли теплоту равномѣрно или, другими словами, не было ни одного частнаго мѣста турбины, къ которому подводилось больше или меньше тепла, чѣмъ къ остальнымъ частямъ.

Прежде описанія самой операціи, приведемъ слѣдующіе общіе принципы, на которыхъ основывается, въ большой степени, любой процессъ прогрѣванія.

Пустота. Паръ, входящій въ совершенно холодную турбину, естественно, долженъ частью сгуститься и осѣсть на дно корпуса въ видѣ воды. Эта конденсація будетъ, конечно, наибольшей, когда турбина наиболѣе холодная, становясь постепенно меньше и меньше по мѣрѣ приближенія температуры турбины къ температурѣ входящаго пара. Паръ, употребляющійся для прогрѣванія, никогда не долженъ быть достаточнаго давленія, чтобы провернуть турбину (есть

исключеніе, которое отмѣтимъ позднѣе), такъ что его скорость по турбинѣ слишкомъ мала даже для того, чтобы вести конденсаціонную воду по турбинѣ въ холодильникъ. Для отведенія этой воды служатъ только продувательные краны, которые должны быть открыты въ холодильникъ и для вытягиванія этой воды должна поддерживаться достаточная пустота. Эта пустота должна была достаточною для поддержанія теченія пара черезъ турбины, точно также какъ труба, открытая сверху, поддерживаетъ тягу въ котлѣ. Температура соотвѣтственно высокой пустотѣ или, другими словами, температура пара при 1 ℔ и 2 ℔ абсолютнаго давленія очень низка по сравненію съ температурою пара при давленіи отъ 15 ℔ до 30 ℔ абсолютныхъ: температура, соотвѣтствующая первому давленію будетъ около 39°, а второму около 121°. Слѣдовательно, если пустота была бы высокая, то въ мѣстѣ присоединенія продуванія турбина была бы много холоднѣе чѣмъ остальныя ея части вслѣдствіе того, что при этой пустотѣ температура въ холодильникѣ была бы низкая. Пустота при обогрѣваніи, слѣдовательно, должна быть поддерживаема такой, чтобы возможно полнѣе удовлетворить слѣдующимъ условіямъ:

1. Произвести, своего рода, тягу или всасываніе, которое вмѣстѣ со скоростью входящаго пара будетъ давать ему стремленіе течь черезъ турбины. Это обозначаетъ, что разница между давленіемъ за дыхательнымъ клапаномъ и давленіемъ въ холодильникѣ должна быть достаточною только для образованія теченія.

2. Эта разница въ давленіяхъ не должна быть настолько большою, чтобы дать стремленіе пару течь въ холодильникъ по прямой линіи; онъ долженъ обходить вокругъ ротора и распредѣлять свое тепло равномѣрно по всему ротору.

3. Пустота должна быть достаточной для отвода изъ турбинъ конденсаціонной воды.

4. Величина пустоты не должна быть настолько большою, чтобы произвести мѣстное коробленіе въ мѣстахъ присоединенія продуванія къ турбинѣ вслѣдствіе вліянія низкой температуры при высокой пустотѣ.

На практикѣ, обыкновенно, пустота между 2″ и 3″ считается достаточною для удовлетворенія всѣмъ этимъ требованіямъ. Пустота никогда не должна быть допускаема подниматься выше 3″ и опускаться много ниже 2″. Въ томъ случаѣ, когда она становится больше 3″, она должна быть спущена сразу. На суднѣ имѣется много путей для этого, но цѣлесообразнымъ можно считать только одинъ. Можно сначала уменьшить ходъ воздушныхъ насосовъ, а если потребуется, то и совсѣмъ остановить ихъ; вовторыхъ, уменьшить скорость циркуляціонныхъ помпъ; втретьихъ, открыть содовые краны на холодильникѣ; вчетвертыхъ, уменьшить давленіе пара въ магистрали сальниковъ. Изъ этихъ четырехъ способовъ, при обыкновенныхъ условіяхъ, допустимъ только первый. Другіе же изъ упомянутыхъ не должны примѣняться. Уменьшеніе хода циркуляціонныхъ помпъ уменьшаетъ количество охлаждающей воды, что даетъ въ результатѣ подъемъ температуры холодильника, могущій принести вредъ холодильнику и воздушному насосу. Открываніемъ содовыхъ крановъ, впускается воздухъ непосредственно въ холодильникъ, а при закрываніи пара въ сальники, воздухъ входитъ въ холодильникъ изъ сальниковъ турбины Н. Д. черезъ роторъ Н. Д. Употребленіе содовыхъ крановъ для спуска пустоты въ крайнихъ случаяхъ рекомендуется нѣкоторыми механиками, но оно должно быть оставлено въ резервѣ для такихъ крайностей.

Другое соображеніе, по которому требуется, чтобы пустота держалась насколько возможно низкою, заключается въ слѣдующемъ: Въ случаѣ машинъ дестройеровъ, взятыхъ только для примѣра, если пустота въ холодильникѣ 28″, а давленіе въ паровомъ пролетѣ Г. В. Д.—0 ℔ манометру, валы будутъ вращаться со скоростью соотвѣтственной скорости судна въ 5 или 6 узловъ. Это значитъ, что паденіе давленія съ 0 ℔ до—14 ℔ по манометру достаточно, чтобы произвести это число оборотовъ. Если пустота убавлена до—1 ℔ по манометру, тогда при томъ же открытіи дыхательнаго клапана и почти при томъ же количествѣ пара, входящемъ въ турбины, какъ и прежде, это паденіе давленія въ 1 ℔ не будетъ уже достаточно для вращенія турбины;

отсюда слѣдуетъ, что болѣе низкая пустота даетъ возможность поддерживать большее количество пара при болѣе высокомъ давленіи и, слѣдовательно, въ турбины можетъ быть введена болѣе высокая температура для обогрѣванія безъ производства вращенія; поэтому, въ данный промежутокъ времени, къ турбинамъ можетъ быть подведено большее количество тепла. Зная теперь, какъ вліяетъ мѣстное отнятіе теплоты отъ турбинъ черезъ продуваніе, необходимо разсмотрѣть какъ вредитъ мѣстное приложеніе теплоты къ нѣкоторымъ отдѣльнымъ частямъ турбины. Обращаясь къ главѣ VII, припомнимъ, что съ магистралью отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ имѣются различныя соединенія, посредствомъ которыхъ противодавленіе можетъ быть использовано на низкихъ ступеняхъ расширенія. Беря какое-либо изъ этихъ соединеній, скажемъ съ 3 расширеніемъ Г. В. Д. ясно, что температура отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ при давленіи отъ 0 ℔ до 10 ℔ по манометру много больше температуры обогрѣвающаго пара, когда онъ доходитъ до этого расширенія. Если, по какой-либо причинѣ, какъ напримѣръ, при безпечномъ открытіи клапана или пропускающемъ клапанѣ, паръ можетъ входить изъ магистрали противодавленія въ турбину при прогрѣваніи, то онъ можетъ дать достаточный излишекъ тепла для поднятія группы лопатокъ на роторѣ какъ разъ подъ этимъ мѣстомъ входа пара. По этой причинѣ клапана отъ выпускной магистрали къ турбинамъ должны въ теченіи прогрѣванія держаться плотно закрытыми. Слѣдуя тѣмъ же путемъ, всѣ клапана бай-пасса должны держаться закрытыми, такъ какъ они могутъ перепускать болѣе горячій паръ къ болѣе холодной части лопатокъ съ подобными результатами. Есть документальный случай, когда трубопроводъ безшумнаго травленія пара вмѣсто входа въ самый холодильникъ, былъ введенъ въ выпускной патрубокъ около выпускного конца турбины задняго хода. Продолжительное его употребленіе при сигналѣ «готовсь» нагрѣвало часть лопатокъ турбины задняго хода и подняло группу лопатокъ, которыя были сорваны, когда эта турбина была пущена въ ходъ. Должно заботиться

объ устраненіи всего того, что можетъ дать въ результатѣ мѣстное нагрѣваніе и охлажденіе не только при прогрѣваніи, но также и послѣ сигнала «готовсь» при прогрѣтыхъ турбинахъ.

Устройство соединенія шпинделя съ роторомъ турбины показываетъ, что расширеніе вала будетъ вредно вліять въ значительной степени на зазоръ въ думмисахъ. Нѣкоторые механики заявляли, что возможное коробленіе поршня думмиса или всего конца ротора можетъ быть вслѣдствіи отнятія теплоты отъ вала холоднымъ масломъ, циркулирующимъ въ главныхъ подшипникахъ и по этой причинѣ маслоохладитель не долженъ быть включенъ въ смазочный трубопроводъ до съемки съ якоря. Поэтому масло, проходя помимо охладителя, будетъ становиться настолько горячимъ, что не будетъ имѣтъ охлаждающаго вліянія на валъ. Теперь, вообще, считаютъ, что этому пункту было придано слишкомъ много значенія. Если припомнимъ, что между думмисовымъ поршнемъ и подшипникомъ имѣется для укупорки сальниковъ паръ, и его теплоты достаточно для предупрежденія большой передачи тепла въ обоихъ направленіяхъ, то будетъ казаться невѣроятнымъ, что масло могло бы имѣть такое большое вліяніе независимо отъ того, насколько оно можетъ быть холоднымъ.

Но есть другое соображеніе, которое должно быть взято въ счетъ. Часть пара изъ сальника, которая выходитъ по валу и входитъ въ машинное отдѣленіе, ударяетъ непосредственно въ сосѣдній конецъ верхней крышки главнаго подшипника. При прогрѣваніи, масло проходитъ очень медленно по системѣ и, если будетъ подвержено этой теплотѣ въ теченіи одного или двухъ часовъ, не охлаждаясь никакимъ способомъ, то вся масса масла въ отстойной систернѣ можетъ окончательно достигнуть чрезмѣрной температуры. Если нагрѣто большое количество масла, то оно чрезвычайно трудно охлаждается и при съемкѣ съ якоря подшипники будутъ нагрѣты до такой степени, что могутъ причинить безпокойство при пускѣ въ ходъ и даже, несмотря на то, что охладитель сразу будетъ введенъ въ цѣпь, пройдетъ сравнительно много времени, пока масло станетъ замѣтно

холоднѣе. Съ другой стороны, когда погода болѣе холодная, циркуляціонная вода холодная и охладитель включенъ до съемки съ якоря, масло можетъ сдѣлаться настолько холоднымъ, что будетъ не только отнимать значительное количество теплоты отъ вала, но сдѣлается настолько густымъ и нетекучимъ, что будетъ течь медленно и неровно черезъ помпы и подшипники. Слѣдовательно, употребленіе охладителя при прогрѣваніи должно быть въ зависимости въ широкой степени отъ температуры машиннаго отдѣленія и циркуляціонной воды. Масло должно поддерживаться настолько теплымъ, чтобы течь свободно черезъ подшипники и не отнимать значительнаго количества теплоты отъ вала. Съ другой стороны, оно не должно сдѣлаться настолько горячимъ, чтобы быть помѣхою при пускѣ машинъ въ ходъ. Температуру входящаго масла въ подшипники отъ 32° до 38° и температуру выходящаго отъ 38° до 43° можно считать подходящими; и на практикѣ эти температуры должны поддерживаться манипулированіемъ перепускного клапана на охладителѣ, посылая больше или меньше масла черезъ охладитель, смотря по необходимости. Часто можетъ случиться въ теплую погоду, при теплой циркуляціонной водѣ, что эти температуры будутъ превзойдены несмотря на то, что масло проходитъ черезъ охладитель; въ этихъ случаяхъ для предотвращенія дальнѣйшаго подъема температуры невозможно ничего иного сдѣлать, какъ только увеличить немного давленіе масла и пустить наибольшее количество воды черезъ охладитель.

Употребленіе валоповоротнаго привода при прогрѣваніи. Этотъ пунктъ служитъ причиною большинства разногласій относительно прогрѣванія. Цѣль этой книги—указать различные взгляды, которые существуютъ по этому вопросу и отмѣтить, по возможности, всѣ преимущества и недостатки различныхъ способовъ. Въ большинствѣ турбинъ паръ изъ главнаго парового патрубка входитъ въ паровой пролетъ въ одномъ мѣстѣ и, если при прогрѣваніи турбина остается неподвижною, то лопатки непосредственно у впускного отверстія могутъ стать чрезмѣрно прогрѣтыми, тогда какъ діаметрально противоположныя будутъ много холод-

нѣе. Безпрерывное поворачиваніе ротора сильно помогло бы надлежащему распредѣленію теплоты входящаго пара, такъ какъ каждая часть ротора при вращеніи была бы подводима къ источнику тепла и, кромѣ того, вращательное движеніе ротора помогло бы уменьшенію вреднаго вліянія всякаго мѣстнаго источника тепла или холода, такъ какъ такой источникъ въ этомъ случаѣ будетъ дѣйствовать на всю поверхность, а не на одну какую-либо точку. Убѣдившись въ необходимости проворачиванія ротора при прогрѣваніи, приведемъ 2 способа, какими это можетъ быть сдѣлано. При одномъ способѣ турбина проворачивается посредствомъ ручного или механическаго валоповоротнаго привода, работающаго на червякъ и червячное колесо, а при другомъ, посредствомъ собственнаго пара турбины. Выборъ метода зависитъ отъ вгляда на сущность обогрѣванія.

Было констатировано высокими авторитетами, что Британское Адмиралтейство не совѣтуетъ употреблять валоповоротный приводъ, пока онъ не имѣетъ спеціальныхъ приспособленій, потому что, если роторъ или часть облопатыванія покоробятся вслѣдствіи неравномѣрнаго обогрѣванія, то употребленіе валоповоротнаго привода можетъ дать въ результатѣ серьезное поврежденіе лопатокъ. Однако, не зная этихъ «спеціальныхъ приспособленій» положеніе, нѣсколько, теряетъ свое значеніе. Одна изъ главныхъ механическихъ фирмъ въ этой странѣ, которая построила большое количество турбинныхъ установокъ различныхъ величинъ и силъ, выступила въ послѣднее время энергичнымъ защитникомъ не пользованія валоповоротнымъ приводомъ при прогрѣваніи турбинъ на истребителяхъ, и ихъ инженеры ввели способъ прогрѣванія, при которомъ турбины съ самаго начала проворачиваются своимъ паромъ. По своему характеру это было почти внезапною перемѣною въ постановкѣ вопроса и, повидимому, основано не на ихъ личныхъ опытахъ, а скорѣе на мнѣніяхъ извѣстныхъ Британскихъ инженеровъ. Для всесторонняго объясненія вопроса, при описаніи каждаго способа будутъ отдѣльно разобраны его хорошія и дурныя стороны. Замѣтимъ, что продолжительность времени, способы и вообще, все, что

будетъ приведено, дано примѣнительно къ трехвальной 5-ти турбинной установкѣ, проектированной на 12000 эффективныхъ лош. силъ и, все сказанное будетъ приложено къ турбинамъ этого или меньшаго размѣра. Прогрѣваніе большихъ тяжелыхъ турбинъ будетъ разсмотрѣно позднѣе. Порядокъ дѣйствій при томъ способѣ прогрѣванія, при которомъ турбины проворачиваются съ самаго начала своимъ паромъ, будетъ слѣдующій: (Детали опущены, такъ какъ онѣ впослѣдствіи будутъ описаны болѣе полно).

1. Пустить необходимые вспомогательные механизмы, такіе какъ масляныя помпы, воздушные насосы, цикуляціонныя помпы и т. п.

2. Поддерживать пустоту въ холодильникахъ около 10″ (Это идетъ въ разрѣзъ съ прежними замѣчаніями относительно пустоты, но въ данномъ случаѣ это есть наинизшій допустимый предѣлъ при этомъ способѣ. Разница происходитъ отъ того, что паръ здѣсь употребляется для поворачиванія турбинъ, а для этого надо имѣть бо̀льшее паденіе давленія между дыхательнымъ клапаномъ и холодильникомъ).

3. Укупорить сальники.

4. Открыть продуваніе, пріоткрыть немного котельные стопорные клапана и полностью открыть переборочные стопорные клапана.

5. Открыть продуваніе дыхательныхъ клапановъ и главнаго парового патрубка и только стронуть съ мѣста всѣ дыхательные клапана. (Такъ какъ стопорные котельные клапана только пріоткрыты, то это открытіе дыхательныхъ клапановъ не будетъ достаточнымъ для поворота турбинъ).

6. Послѣ того какъ дыхательные клапана прогрѣются, закрыть ихъ и дать подняться давленію пара въ главной паровой магистрали до 50 ℔.

7. Открывать поочередно каждый дыхательный клапанъ достаточно только для вращенія его турбины на 1 или 2 оборота. При открываніи каждаго дыхательнаго клапана давленіе въ главной паровой магистрали сразу падаетъ до 0 ℔, а при закрываніи давленіе опять поднимается прибли-

зительно до 50 ℔. Порядокъ открыванія дыхательныхъ клапановъ слѣдующій:

1. Г. В. Д.
2. Каждый Н. Д. поочереди.
3. К. В. Д.
4. К. С. Д.
5. Каждый клапанъ задняго хода поперемѣнно.

Машинистъ безостановочно ходитъ отъ одного дыхательнаго клапана къ другому, открываетъ каждый быстро, пока не увидитъ вращающимся его валъ, а потомъ сразу его закрываетъ. Это продолжается около 10 минутъ, послѣ чего всѣ непокрытыя части турбинъ ощупываются рукою, чтобы убѣдитсья насколько онѣ прогрѣты.

8. Закрыть дыхательные клапана, открыть котельные стопорные клапана до желаемаго открытія для хода и потомъ открыть дыхательный клапанъ К. В. Д. на достаточную величину для проворачиванія медленно всѣхъ валовъ; паръ проходитъ изъ К. В. Д. дыхательнаго клапана въ холодильникъ черезъ всю серію турбинъ. Продолжать это приблизительно въ теченіи 5 минутъ, потомъ увеличить пустоту, увеличить ходъ вспомогательныхъ механизмовъ до скорости на походѣ и доложить на мостикъ, что машины готовы. Вся операція занимаетъ около 30 минутъ, но она приложима только къ малымъ легкимъ турбинамъ.

Прежде чѣмъ давать объясненія, приведемъ для сравненія другой методъ. Этотъ способъ употребляется во флотѣ при Парсоновскихъ установкахъ и до сихъ поръ даетъ хорошіе результаты.

1. Пустить необходимые вспомогательные механизмы, такіе какъ воздушные насосы, циркуляціонные насосы и пр.

2. Укупорить сальники.

3. Продуть дыхательные клапана и главный патрубокъ, открыть стопорные клапана котловъ, слегка пріоткрыть переборочные стопорные клапана, пока не прогрѣется главный патрубокъ и стопорные клапана, потомъ открыть ихъ полностью, давая полное давленіе къ дыхательнымъ клапанамъ.

4. Поддерживать пустоту въ холодильникѣ не выше 3″, а давленіе пара въ патрубкѣ отъ 175 ℔ до 200 ℔.

5. Открыть дыхательные клапана К. В. Д., К. С. Д., Г. В. Д. и оба Н. Д., пока манометры каждаго парового пролета не покажутъ давленіе отъ 0 ℔ до 2 ℔. Это давленіе незначительно измѣняется для разныхъ установокъ, но должно быть такимъ, чтобы дать возможность входить въ турбины наибольшему возможному количеству пара, не проворачивая ихъ.

6. Каждый валъ проворачивается приводомъ черезъ регулярные промежутки времени на нѣкоторую часть оборота (теоретически всѣ валы должны быть проворачиваемы непрерывно, но установленый валоповоротный механизмъ, обыкновенно, тяжелый, медленный и неудобный въ работѣ; имѣется одна трещетка для трехъ валовъ, такъ что надо только стремиться къ наибольшему приближенію къ непрерывному вращенію). На дѣлѣ это проворачиваніе будетъ отъ $^3/_4$ оборота каждыя 20 минутъ до $^1/_4$ или $^1/_3$ каждыя 10 минутъ. Проворачиваніе на $^3/_4$ оборота каждыя 20 минутъ лучше чѣмъ на $^1/_3$ оборота каждыя 10 минутъ, но допустимы и измѣненія въ этихъ предѣлахъ. (Должно замѣтить, что проворачивать надо на $^3/_4$ оборота, но не на полный или половину оборота. При проворачиваніи на полный оборотъ каждый разъ къ источнику тепла подводится одна и таже часть ротора, а при проворачиваніи на полъ оборота таже часть подводится къ впускному отверстію черезъ одинъ разъ). Операція проворачиванія продолжается отъ 2 до $2^1/_2$ часовъ. Затѣмъ закрываютъ всѣ дыхательные клапана, пустотѣ даютъ подняться приблизительно до 10" и оба дыхательныхъ клапана турбинъ Н. Д. открываются поперемѣнно только для поворачиванія ихъ валовъ на долю оборота, что повторяется, пока каждый валъ не сдѣлаетъ полнаго оборота. Паръ потомъ впускается въ турбины задняго хода, пока оба бортовыхъ вала не провернутся на нѣсколько оборотовъ назадъ. Потомъ открываютъ поперемѣнно дыхательные клапана Г. В. Д., К. С. Д. и К. В. Д. для того, чтобы провернуть ихъ валы. Пустоту затѣмъ увеличиваютъ, ходъ вспомогательныхъ механизмовъ увеличиваютъ до ходовой скорости и докладываютъ, что машины готовы.

Замѣтимъ, что, если установлены комбинированные ма-

неврирующіе клапана, они должны перекрываться каждыя 5 минутъ въ теченіи двухчасового періода и паръ долженъ поперемѣнно посылаться то въ турбины Н. Д., то въ турбины задняго хода. Если для маневрированія турбинами установлено 2 клапана, одинъ для передняго хода, а другой для задняго, то они оба могутъ быть открыты сразу, что устраняетъ необходимость предыдущаго мамипулированія; но въ практикѣ встрѣчаются почти исключительно двойные клапана, которые подводятъ паръ одновременно только въ одну турбину. Обыкновенно, преимущество отдается турбинамъ задняго хода въ томъ смыслѣ, что дыхательные клапана ихъ открываютъ на большіе періоды времени, чѣмъ турбинъ передняго хода, потому что въ турбины задняго хода паръ можетъ попасть только черезъ ихъ дыхательные клапана, въ то время какъ турбины Н. Д. всегда получаютъ еще немного пара изъ Г. В. Д.

Сравнивая между собою упомянутые 2 пріема прогрѣванія увидимъ, что они съ малой разницей только въ деталяхъ направлены одинаковыми путями къ выполненію одного и того же. Въ каждомъ случаѣ источникъ теплоты дѣйствуетъ въ одномъ мѣстѣ, а турбина проворачивается такъ, чтобы всѣ ея части въ одинаковой мѣрѣ подводились къ этому мѣсту. Въ одномъ случаѣ это производится быстро паромъ, въ другомъ медленно вручную или механическимъ приводомъ. По всѣмъ имѣемымъ даннымъ и взглядамъ представляется, что оба способа могутъ дать одинаково хорошіе результаты въ 99 изъ 100 случаевъ. Но на 99-омъ, или на 10-омъ, или на 2-омъ какая-нибудь непредвидѣнная причина можетъ дать неодинаковое расширеніе въ какой-нибудь части турбины въ нѣкоторой стадіи операціи и въ результатѣ можетъ произойти треніе лопатокъ. При первомъ способѣ это легко можетъ причинить поломку, а при второмъ она будетъ предупреждена только обыкновенной осторжностью. Такъ какъ современный составъ механиковъ вообще далекъ отъ того, чтобы считать ихъ знатоками турбинъ, то упомянутое свойство второго способа будетъ поддерживать его, по крайней мѣрѣ, до тѣхъ поръ, пока составъ не станетъ хорошо тренированымъ.

Защитниками перваго и болѣе быстраго способа являются судостроители, которые прогрѣваютъ серію турбинъ, по крайней мѣрѣ, дюжину разъ при нормальныхъ условіяхъ. Ихъ составъ машиннаго отдѣленія состоитъ изъ профессіональныхъ машинистовъ съ хорошими практическими и теоретическими знаніями турбинъ и изъ знающихъ людей изъ мастерской, такъ что тѣ, которые собирали турбины, ими же и управляютъ. Современная военная и коммерческая машинная команда сильно отличается отъ заводскаго состава, такъ какъ, обыкновенно, самый малый процентъ изъ нихъ имѣлъ раньше практику съ турбинами, а многіе и совершенно ничего о нихъ не знаютъ. Можетъ быть, что за все плаваніе они не будутъ видѣть внутренности турбинъ и все, что связано съ ихъ внутреннимъ устройствомъ, долго остается тайною, которую могутъ понять только немногіе избранные. Они могутъ прогрѣть турбины въ гавани, когда судно дрейфуетъ въ штормъ и во многихъ другихъ случаяхъ только при наблюденіи младшаго офицера, такъ какъ здѣсь не требуется спеціалиста по турбинамъ.

Это положеніе съ теченіемъ времени, безъ сомнѣнія, будетъ измѣняться и, когда команда станетъ настолько опытною, что будетъ въ состояніи немедленно обнаруживать и исправлять всѣ ненормальности, болѣе быстрый способъ можетъ считаться безопаснымъ; но, по крайней мѣрѣ, первые нѣсколько мѣсяцевъ послѣ сдачи судна будетъ безопаснѣе примѣнять болѣе медленный способъ. Для уясненія этого надо понять, отчего прогрѣваніе можетъ итти ненормальнымъ путемъ и какъ обнаружить такія ненормальности. Ненормальность при каждомъ способѣ можетъ произойти вслѣдствій того, что какая-нибудь часть или части турбины при прогрѣваніи могутъ сдѣлаться болѣе прогрѣтыми, чѣмъ другія части, такъ что зазоры въ этомъ мѣстѣ сдѣлаются настолько малыми, что при проворачиваніи турбины, сосѣднія части будутъ тереться одна о другую и не давать ротору свободно вращаться. Это треніе можетъ быть очень легкимъ и сдѣлать небольшое поврежденіе или вовсе никакого, но можетъ дать въ результатѣ и срываніе лопатокъ. Для ясности предположимъ, что вслѣдствіи охлаж-

дающаго вліянія тяжелаго горизонтальнаго фланца, горизонтальный діаметръ даннаго корпуса турбины не увеличивается сразу до величины, соотвѣтствующей увеличенію діаметра ротора. Такое положеніе можетъ создаться въ серединѣ двухчасового періода при одномъ методѣ или въ получасовомъ періодѣ при другомъ. Если роторъ будетъ проворачиваться при такомъ условіи, то лопатки будутъ тереться, а если вращеніе будетъ продожительное или быстрое и сильное, то отъ соприкасанія могутъ быть большія поврежденія. Это треніе можетъ сопровождаться рѣзкимъ звукомъ, слышнымъ ясно по всему машинному отдѣленію, но бываютъ случаи безъ всякаго внѣшняго указанія, которое дало бы возможность уменьшить ходъ или даже остановить валъ. При примѣненіи болѣе длиннаго, медленнаго метода первыя указанія задѣванія лопатокъ получаетъ человѣкъ, работающій на валоповоротномъ приводѣ. Моментъ касанія можно узнать по увеличившемуся сопротивленію на рычагѣ трещетки. Необходимо остановить валоповоротный приводъ и поддерживать прогрѣваніе дальше, пробуя страгивать, время отъ времени, валоповоротный приводъ; когда турбина окончательно пойдетъ свободно, то продолжать процессъ. Ибо, почти невозможно принести вредъ лопаткамъ при передачѣ вращающаго усилія на валъ посредствомъ ручного валоповоротнаго привода. Между тѣмъ, при проворачиваніи турбинъ паромъ, быстрое вращеніе ротора при начальномъ давленіе пара можетъ быть достаточнымъ, чтобы значительно повредить лопатки; причемъ это поврежденіе настолько не очевидно сразу, что можетъ быть обнаружено только очень опытнымъ человѣкомъ. Повторное проворачиваніе паромъ увеличиваетъ поврежденіе каждый разъ, пока лопатки не станутъ настолько покороблеными, что никакое обогрѣваніе не дастъ ротору вращаться свободно.

Ясно, что весьма выгодно съ самаго начала проворачивать турбины безпрерывно, а не на часть оборота черезъ извѣстные промежутки времени; въ этомъ и заключается главное достоинство болѣе быстраго способа. Если, вообще, употребляется валоповоротный приводъ, то дѣйствовать имъ надо такъ, чтобы подражать насколько возможно близко

этому непрерывному движенію. Вѣроятнымъ будущимъ рѣшеніемъ вопроса можетъ быть устройство валоповоротнаго привода съ моторомъ, передающимъ вращающій моментъ на валъ посредствомъ фрикціоннаго зацѣпленія, устроеннаго такъ, что оно будетъ скользить, если турбина «захватитъ» и предупредитъ поврежденіе; кромѣ того, онъ будетъ скользить безъ вреда для самого валоповоротнаго привода, если паръ стронетъ турбину въ то время когда валоповоротный приводъ включенъ.

Теперь, слѣдовательно, дано полное подробное описаніе прогрѣванія турбинъ. Припомнимъ, что установка, взятая для примѣра, есть обычная установка на истребителяхъ и, что сказанное, слѣдовательно, приложимо къ турбинамъ этой (12.000 Н Р на валу) или меньшей величины. Разсмотримъ слѣдующее положеніе: паръ для вспомогательныхъ цѣлей берется изъ котла А; котелъ В стоитъ съ загребеннымъ жаромъ; въ работѣ: передняя вспомогательная питательная помпа № 1, динамо № 1, трюмно-пожарная помпа, вспомогательная циркуляціонная помпа и воздушный насосъ; всѣ эти механизмы работаютъ въ вспомогательный ходольникъ. Главныя машины стояли безъ работы 2 дня; погода тихая, температура циркуляціонной воды около 10°. Приказаніе получено въ 3 часа дня 10-го марта приготовить механизмы къ ходу къ 8 часамъ утра 11 марта; предполагаемая скорость 15 узловъ.

Старшій механикъ долженъ взять себѣ за правило приготовлять на каждый случай съемки съ якоря ордеръ, такъ какъ продолжительность времени, необходимая для операціи, зависящая вполнѣ отъ мѣстныхъ условій, опредѣляется по его благоусмотрѣнію. Такой ордеръ имѣетъ, приблизительно, слѣдующую форму:

Ночныя распоряженія; 10 марта 1911 г.

Второе отдѣленіе ходовой кочегарной вахты выходитъ въ 4 часа утра. Разгрести жаръ въ котлѣ В въ 4 ч. 15 м. утра; включить его въ 5 ч. утра. Второе отдѣленіе ходовой машинной вахты выходитъ въ 5 ч. утра; начать обогрѣваніе въ 5 ч. 30 м. утра. Приготовить главныя машины

къ проворачиванію въ 7 ч. 50 м. утра. Съемка съ якоря въ 8 ч. утра; устанавливается скорость 15 узловъ при К. В. Д. комбинаціи и двухъ носовыхъ котлахъ:

	Скорость въ узлахъ.	Давленіе въ паровомъ пролетѣ К. В. Д.	Число оборотовъ въ 1 м.
Полный ходъ. . . .	17,5	230	410
Установленная ходовая скорость . . .	15,0	165	375
Средній ходъ. . . .	10,0	90	250
Малый ходъ	7,5	30	180

Судовой механикъ.

Лейтенантъ флота С. А. С. Ш.

Подпись .....

Послѣ того, какъ команда привыкнетъ къ турбинамъ и будетъ знать зависимость между числомъ оборотовъ и давленіемъ при различныхъ скоростяхъ и различныхъ комбинаціяхъ, эта записка можетъ быть сильно сокращена. Она будетъ содержать:

1. Число котловъ подъ парами.
2. Время, когда они должны быть готовы.
3. Время начала обогрѣванія.
4. Время готовности турбинъ къ ходу.
5. Устанавливаемую скорость и ходовую комбинацію.

Надо замѣтить, что турбины требуютъ большее количество пара для обогрѣванія чѣмъ поршневыя машины и поэтому мощность котловъ для обогрѣванія ихъ должна быть нѣсколько больше. Никакого постояннаго правила для этого провести нельзя, но приблизительно можно сказать, что наилучшій результатъ достигается, по крайней мѣрѣ, при трети полной нормальной котельной мощности съ етественной тягой. Для истребителя съ 4 котлами одного котла съ съ трудомъ хватаетъ для хорошихъ результатовъ, хотя, форсируя его, возможно прогрѣть турбины. Два котла

при слабомъ воздушномъ давленіи дадутъ лучшіе результаты.

Приготовленія въ котельныхъ отдѣленіяхъ, во всѣхъ отношеніяхъ, обычныя и подробности поэтому не упоминаются. Кочегарный старшина долженъ такъ подготовить оба котла, чтобы стопорные клапана могли быть открыты около 5 ч. 15 м. утра. Въ нѣкоторыхъ установкахъ вентиляторы для форсированной тяги смазываются отвѣтвленіями отъ масляной системы машиннаго отдѣленія и, въ этомъ случаѣ, до пуска въ ходъ вентиляторовъ, необходимо пустить въ машинномъ отдѣленіи одинъ изъ масляныхъ насосовъ. Въ концѣ полуночной вахты масленщикъ, стоящій на вахтѣ въ машинномъ отдѣленіи продуваетъ основательно оба главныхъ пріемныхъ циркуляціонныхъ кингстона. Паръ подводится изъ магистрали свѣжаго пара вспомогательныхъ механизмовъ къ каждому пріемному кингстону и очищаетъ рѣшетку кингстона отъ мусора, морской травы и пр. Это особенно важно на истребителяхъ, такъ какъ на нихъ пріемные кингстоны часто забиваются, а даже небольшое препятствіе входящей водѣ можетъ значительно уменьшить пустоту. Когда выйдетъ въ 5 ч. утра ходовая вахта, должны быть исполнены слѣдующія работы подъ наблюденіемъ и общимъ указаніемъ старшаго помощника машиниста или старшаго на вахтѣ.

Старшій вахтенный машинистъ лично открываетъ спускной кранъ на отстойной масляной систернѣ, спуская, осѣвшую на днѣ воду и небольшое количество масла, которое онъ изслѣдуетъ. При хорошемъ результатѣ спускной кранъ запирается; въ противномъ случаѣ онъ оставляется открытымъ, пока плохое масло (густая, тѣстообразная бѣловатая масса) не стечетъ. Этотъ спускной кранъ долженъ быть все время замкнутъ; въ противномъ случаѣ онъ можетъ быть открытъ по небрежности или самъ можетъ открыться отъ вибраціи судна и, прежде чѣмъ это будетъ замѣчено, можетъ быть потеряна вся систерна масла. Обыкновенно, ключъ все время находится у старшаго помощника машиниста. Послѣ продуванія отстойной систерны открывается клапанъ на трубопроводѣ изъ запасной систерны въ отстой-

ную и пускаютъ масло, пока количество его въ отстойной систернѣ не станетъ достаточнымъ для хода (обыкновенно, около $^2/_3$ ея вмѣстимости). Это количество указывается поплавкомъ и указателемъ на систернѣ, который всегда находится подъ наблюденіемъ масленщика. Затѣмъ осматриваются и, если надо, очищаются фильтры на масляной системѣ и пускается въ ходъ масляная помпа. (Если имѣются 2 помпы, то прогрѣваются и продуваются, обыкновенно, обѣ, хотя въ работѣ, преимущественно, находится одна). Давленіе масла поддерживается приблизительно около 2 ℔—3 ℔ и масло перепускается помимо охладителя. (Давленіе 2 ℔ или 3 ℔ можетъ быть недостаточно для полной смазки вентиляторовъ на значительномъ разстояніи, въ каковомъ случаѣ давленіе увеличивается то такого, при которомъ къ нимъ будетъ подходить достаточно масла). Тѣмъ временемъ машинисты и масленщики должны исполнить слѣдующія работы:

1. Продуть, прогрѣть и пустить въ ходъ главныя циркуляціонныя помпы, открывъ необходимые выпускные и впускные клапана. Эти помпы должны работать очень умѣреннымъ ходомъ и забортный клапанъ нѣсколько прикрывается для того, чтобы поддерживать воду въ холодильникѣ выше верхнихъ рядовъ трубокъ.

2. Продуть, прогрѣть и пустить въ ходъ главные воздушные насосы, поддерживая ихъ ходъ очень малымъ.

3. Осмотрѣть, все ли свободно и вполнѣ закрѣплено въ машинномъ отдѣленіи и приготовить валоповоротный приводъ для дѣйствія.

Машинистъ на ручкахъ долженъ:

1. Открыть все продуваніе турбинъ.

2. Открыть всѣ продувательные краны на главномъ патрубкѣ.

3. Осмотрѣть, исправны ли всѣ манометры на манометровой доскѣ и правильны ли показанія 0; осмотрѣть и приготовить къ ходу телефоны, указатели числа оборотовъ и т. д.

4. Открыть полностью всѣ дыхательные клапана, чтобы убѣдиться, что они не прикипѣли къ гнѣздамъ или ихъ штоки не «заѣли» въ сальникахъ, и закрыть ихъ.

5. Вести журналъ и записывать время пуска въ ходъ различныхъ вспомогательныхъ механизмовъ.

Открываютъ невозвратные клапана на выпускныхъ трубахъ отъ одной турбины къ другой или (см. главу IV, гдѣ приведено описаніе этихъ клапановъ), точнѣе, ихъ маховики для ручного управленія приводятся въ положеніе полнаго открытія. Сами клапана еще держатся на своихъ гнѣздахъ уравновѣшивающими пружинами и, такъ какъ давленіе при прогрѣваніи, обыкновенно, не достаточно для открытія этихъ клапановъ, то они должны быть открыты вручную и подперты въ этомъ положеніи деревянными брусками такъ, чтобы они не оказывали никакого сопротивленія теченію пара низкаго давленія черезъ турбины.

Отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ перекрывается теперь въ главные холодильники, а вспомогательный холодильникъ выключается. Клапана на отработавшихъ магистраляхъ отъ вспомогательныхъ механизмовъ при входѣ въ главные холодильники устанавливаются посредствомъ ихъ маховиковъ такъ, чтобы поднять давленіе отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ до 7 ℔ или 9 ℔ и въ періодъ прогрѣванія оно поддерживается на такой величинѣ, измѣняя нагрузку клапановъ, когда количество отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ увеличится при включеніи новыхъ вспомогательныхъ механизмовъ.

Теперь укупориваются сальники, открывая клапана изъ магистрали противодавленія въ паровой трубопроводъ сальниковъ, пока давленіе по манометру сальниковъ не будетъ отъ 1 ℔ до 2 ℔. Потомъ пріоткрываются спускные клапана изъ полостей набивочныхъ коробокъ и этими двумя клапанами регулируется давленіе въ сальникахъ отъ 1 ℔ до 2 ℔ въ теченіе обогрѣванія.

Затѣмъ оживляютъ переборочные стопорные клапана, увеличиваютъ ходъ воздушныхъ насосовъ, пока пустота не поднимется приблизительно до 12″, каковая поддерживается минуту или двѣ. Это дѣлается для того, чтобы быть увѣреннымъ, что турбины, главный паровой патрубокъ и главная паровая магистраль совершенно свободны отъ воды.

Послѣ этого опять спускаютъ пустоту и поддерживаютъ $1^1/_2''$ или $2''$. Теперь сообщаютъ въ котельныя отдѣленія, чтобы открыли стопорные клапана котловъ. Эти клапана открываются медленно и, какъ только въ главной паровой магистрали начнетъ подниматься давленіе, постепенно открываются переборочные стопорные клапана, пока въ главномъ паровомъ патрубкѣ не получится полное котельное давленіе. Эти клапана должны открываться медленно и постепенно, чтобы дать возможность патрубку, расширительнымъ соединеніямъ, регуляторному клапану и другимъ частямъ постепенно прогрѣться. Затѣмъ закрываютъ продувательные краны патрубка и всѣ дыхательные клапана слегка пріоткрываются для прогрѣванія ихъ и трубъ, ведущихъ паръ изъ патрубка въ турбины.

Когда патрубокъ и дыхательные клапана прогрѣты, можетъ быть начата собственно операція прогрѣванія турбинъ. Дыхательные клапана К. В. Д, К. С. Д. и Г. В. Д. открываются настолько, чтобы поднять давленіе въ паровыхъ пролетахъ этихъ турбинъ до 1 ℔ или 2 ℔ по манометру. Маневрирующіе клапана ставятся на передній ходъ или въ турбины Н. Д. для поднятія въ нихъ такого же давленія. Масленщики и машинисты начинаютъ проворачиваніе (около 5 ч. 30 м. утра) и, переходя поперемѣнно отъ одного вала къ другому, проворачиваютъ каждый по трети оборота. При валоповоротномъ приводѣ съ трещеткой это представляетъ трудную, тяжелую работу и всегда будетъ стремленіе уменьшить ее. Важность основательнаго проворачиванія турбинъ должна быть понята всею командою и младшіе офицеры должны бдительно смотрѣть, чтобы это дѣлалось надлежащимъ образомъ. Каждыя 5 минутъ перекрываются маневрирующіе клапана и паръ впускается въ турбины задняго хода для поднятія давленія въ ихъ паровыхъ пролетахъ отъ 1 ℔ до 2 ℔ по манометру. Это дѣлаетъ машинистъ, стоящій на ручкахъ, который, обыкновенно, наблюдаетъ за прогрѣваніемъ. Онъ долженъ быть заботливымъ человѣкомъ и долженъ педантично наблюдать за всѣми приборами, такъ какъ всякая случайность зависитъ отъ него. Онъ долженъ:

1. Смотрѣть, чтобы пустота никогда не превосходила $2''$ или $3''$ ртутнаго столба.

2. Смотрѣть, чтобы ни одинъ дыхательный клапанъ когда-либо не былъ открытъ больше, чѣмъ надо для поддержанія давленія отъ 1 ℔ до 2 ℔ въ какой-нибудь турбинѣ, такъ какъ, если это давленіе будетъ превзойдено, то паръ можетъ провернуть роторъ.

3. Поддерживать необходимое давленіе въ сальникахъ.

4. Поддерживать необходимое давленіе масла.

5. Перекрывать маневрирующіе клапана черезъ регулярные промежутки времени.

6. Смотрѣть, чтобы всѣ дыхательные клапана къ турбинамъ на любомъ валу закрывались бы всякій разъ, когда этотъ валъ проворачивается приводомъ.

Послѣдній пунктъ представляетъ собою только предостереженіе и требуетъ нѣкотораго объясненія. Въ теченіе операціи прогрѣванія турбины находятся подъ такимъ давленіемъ, что при незначительномъ увеличеніи разности давленій при впускѣ въ турбину и выпускѣ изъ нея, оно станетъ достаточнымъ для вращенія турбины. Вслѣдствіе какой-нибудь изъ различныхъ причинъ, такой какъ небрежность, неправильный манометръ и т. д., это начальное давленіе можетъ незамѣтно увеличиться до такого, что легкій толчокъ ротору, данный валоповоротнымъ приводомъ, можетъ быть какъ разъ достаточнымъ для того, чтобы роторъ началъ вращаться подъ давленіемъ пара и въ результатѣ будетъ поломка валоповоротнаго привода, а также возможна и поломка въ турбинѣ.

Подобный случай былъ на одномъ американскомъ истребителѣ. На этомъ суднѣ примѣнялся съ небольшимъ измѣненіемъ этотъ процессъ прогрѣванія. Вмѣсто полнаго открыванія котельныхъ и вспомогательныхъ стопорныхъ клапановъ и пуска полнаго котельнаго давленія къ дыхательнымъ клапанамъ, переборочные стопорные клапана были только немного пріоткрыты и въ патрубкѣ поддерживалось давленіе только 75 ℔. При началѣ прогрѣванія, котельное давленіе было около 150 ℔ и переборочные стопорные клапана были установлены такъ, чтобы уменьшить это давленіе въ патрубкѣ до 50 ℔. Дыхательные клапана были установлены

такъ, чтобы далѣе уменьшать давленіе 50 ℔ приблизительно до 1 ℔ въ турбинахъ. Клапана воздушныхъ насосовъ были открыты настолько, чтобы скорость этихъ насосовъ была достаточна только для поддержанія пустоты 2″. Незамѣтно для машиниста на ручкахъ, давленіе главнаго пара постепенно поднялось приблизительно до 260 ℔ и не было регулируемо ни однимъ клапаномъ для приведенія къ первоначальному давленію и пустотѣ въ турбинахъ. Въ результатѣ получилось то, что вмѣсто давленія 1 ℔ въ паровомъ пролетѣ Г. В. Д., тамъ, вѣроятно, было давленіе близкое къ 10 ℔ и, такъ какъ ходъ воздушныхъ насосовъ увеличился, то пустота поднялась отъ первоначальныхъ 2″ до 10″ или 12″. Какъ разъ въ тотъ моментъ, когда одинъ изъ масленщиковъ поставилъ на мѣсто трещетку и сдѣлалъ ея рычагомъ одинъ размахъ (средній валъ), паръ провернулъ Г. В. Д. турбину. Противоположно теоріи, червячное колесо на валу работало обратно на червякъ и, вырвавъ рычагъ трещетки изъ рукъ человѣка, прижало его къ турбинѣ Н. Д. Червячный валъ былъ сильно согнутъ, кронштейнъ червячнаго вала оторванъ отъ корпуса турбины и та часть корпуса турбины Г. В. Д., которая образуетъ масляный поддонъ, была разбита. Къ счастью не было такого поврежденія, которое не могло быть временно исправлено въ недѣлю, но, въ концѣ концовъ, вся нижняя половина корпуса была смѣнена. Разбитый масляный поддонъ былъ исправленъ деревянными заплатами, тщательно вырѣзанными для заполненія пробитыхъ мѣстъ его стѣнокъ; трещины были потомъ зачеканены.

Для предупрежденія такой случайности слѣдуетъ всегда вполнѣ закрывать всѣ дыхательные клапана къ отдѣльной турбинѣ на тѣ нѣсколько минутъ, въ теченіе которыхъ турбина проворачивается. Въ случаѣ бортовыхъ валовъ закрываніемъ дыхательныхъ клапановъ крейсерскихъ турбинъ и турбинъ Н. Д. не вполнѣ выключаемъ паръ отъ этого вала, такъ какъ турбины Н. Д. будутъ получать немного пара, выходящаго изъ Г. В. Д., но это количество всегда настолько мало, что имъ можно пренебречь. Дыхательные клапана должны быть закрыты въ теченіе только

необходимаго времени и, поэтому, время проворачиванія какого-либо вала должно быть возможно короткое.

Спустя нѣкоторое время послѣ начала прогрѣванія пробуется масляная система. Температура масла постепенно повышается вслѣдствіе вліянія теплоты сальниковъ. Когда температура масла достигнетъ той температуры, которая ожидается на ходу, т. е. около 32°—43° С, то оно поддерживается при этой температурѣ (манипулированіемъ маслоохладителемъ, какъ описано ранѣе) и давленіе масла увеличивается до такого, которое будетъ поддерживаться послѣ съемки съ якоря.

Количество выходящаго масла отъ каждаго подшипника замѣчается въ смотровыя стекла и, если необходимо, то притокъ къ каждому подшипнику регулируется, пока выпускъ не станетъ такимъ, какой по опыту считается нормальнымъ. Давленіе послѣ этого увеличиваютъ приблизительно на 5 ℔ выше ходового и вся система осматривается въ смыслѣ пропусковъ. Это важно, такъ какъ пропуски масла могутъ быть открыты почти въ каждомъ мѣстѣ при любыхъ условіяхъ и почти всегда найдется нѣсколько такихъ соединеній, которыя надо поджать или перебрать. Когда сдѣланъ этотъ осмотръ, давленіе масла опять уменьшаютъ до нормальнаго при прогрѣваніи.

Въ теченіе нѣсколькихъ первыхъ мѣсяцевъ послѣ сдачи хорошо брать отсчеты положенія думмисовъ холодныхъ турбинъ до начала обогрѣванія. Эти отсчеты имѣютъ малую цѣнность въ смыслѣ указанія возможной ихъ величины послѣ обогрѣванія, но они служатъ для пріученія персонала къ величинѣ ожидаемой разницы и могутъ также указывать на какую-нибудь радикальную неисправность въ турбинахъ, прежде чѣмъ начато сообщеніе имъ тепла.

Прогрѣваніе и проворачиваніе турбинъ, начатое (въ разсматриваемомъ примѣрѣ) въ 5 ч. 30 м. утра, продолжается неизмѣнно приблизительно до 7 ч. 30 м. утра. Эта работа, въ концѣ концовъ, становится довольно изнурительной для всѣхъ, такъ какъ въ лучшемъ случаѣ представляетъ собою непрерывное повтореніе одного и того же; высокая же температура машиннаго отдѣленія и испареніе отъ выходя-

щаго пара изъ сальниковъ ухудшаютъ физическія условія. По этой причинѣ старшій механикъ долженъ стремиться по своему благоусмотрѣнію уменьшить время прогрѣванія до безопаснаго предѣла.

Около 7 ч. 30 м. утра испытываются обычнымъ образомъ телеграфы и потомъ дѣлаются приготовленія къ пробнымъ оборотамъ турбинъ. Такъ какъ турбины никогда не проворачиваются настолько, чтобы дать судну ходъ, то это должно быть всецѣло въ зависимости отъ машиннаго состава, а не отъ сигналовъ съ мостика.

Всѣ брусья, подпиравшіе невозвратные клапана, убираются; дыхательные клапана совершенно закрываются и ходъ воздушныхъ насосовъ увеличивается, чтобы поднять пустоту приблизительно до 10″. Берутся отсчеты думмисовыхъ зазоровъ и сравниваются съ предыдущими записями. (Они записаны въ журналѣ). Если они удовлетворительны, то турбины проворачиваются паромъ. Отвѣтственный человѣкъ, обыкновенно, самъ старшій механикъ становится между двумя турбинами Н. Д. Машинистъ на ручкахъ медленно открываетъ одинъ маневрирующій клапанъ, пока валъ (который онъ можетъ видѣть внизу) не начнетъ вращаться. Въ тотъ моментъ, когда валъ тронется, клапанъ закрывается. Это повторяется, пока, послѣ нѣсколькихъ разъ, валъ не пройдетъ полнаго оборота. Клапанъ тогда оставляется открытымъ нѣсколько секундъ и валу даютъ сдѣлать 2 или 3 полныхъ оборота. Тотъ же самый процессъ продѣлывается съ начала до конца съ турбиною задняго хода, а потомъ съ другими турбинами Н. Д. и задняго хода. Въ теченіе всего этого времени въ машинномъ отдѣленіи должна поддерживаться насколько возможно полная тишина и слѣдуетъ прикладывать уши вплотную къ предохранительному клапану или къ какой-либо другой непокрытой металлической части корпуса Н. Д. Всякое треніе или задираніе лопатокъ можетъ быть почти всегда сразу обнаружено по шуму, начиная отъ тончайшаго звука при треніи (писка) до грубаго скрипа. Если не замѣтно никакого шума и турбина вращается свободно при нормальномъ давленіи, то турбина вполнѣ прогрѣта.

(Причина того, что главное вниманіе оказывается турбинамъ Н. Д. заключается въ томъ, что эти турбины много больше чѣмъ другія и, что, если онѣ прогрѣты, другія тѣмъ болѣе будутъ вполнѣ прогрѣты. Это выведено изъ практики, такъ какъ почти всѣ случаи тренія или задиранія лопатокъ, извѣстные автору, были въ турбинахъ Н. Д. или въ турбинахъ задняго хода).

Въ томъ случаѣ, когда треніе слышно или указывается манометромъ, такъ какъ давленіе необходимое для поворота турбины будетъ больше нормальнаго, пустота должна быть уменьшена сразу до 2″ и должно быть начато опять прогрѣваніе и проворачиваніе приводомъ съ тою разницею, что, если только одинъ валъ нуждается въ этомъ, то вращеніе можетъ быть почти непрерывнымъ, несмотря на то, что турбина «захвачена». Послѣ 15 минутъ турбина опять пробуется и, обыкновенно, она начинаетъ вращаться свободно. Иногда можетъ быть, что при съемкѣ послѣдняго отсчета штокъ микрометра оставленъ въ соприкосновеніи съ роторомъ, и при вращеніи послѣдняго, въ этомъ случаѣ, будетъ слышенъ трещащій грубый шумъ, который производитъ такое впечатлѣніе какъ будто, по крайней мѣрѣ, 12 рядовъ лопатокъ выбиты съ мѣста. Поэтому надо тщательно смотрѣть, чтобы этотъ шпиндель никогда не былъ оставленъ въ соприкосновеніи съ роторомъ.

Способъ обнаруженія недостатковъ въ турбинахъ прикладываніемъ ушей въ нѣкоторыхъ случаяхъ доводился до крайностей. Для испытаній въ мастерскихъ и на швартовахъ у завода новыхъ турбинъ иногда употреблялся обыкновенный стетоскопъ, будучи прикладываемъ къ корпусу турбины такъ же, какъ и къ груди человѣка. Его иногда замѣняетъ металлическій прутъ. Одинъ конецъ прикладывается плотно къ какой-нибудь непокрытой части корпуса, а другой подносится плотно къ уху и палочка дѣйствуетъ такъ же, какъ телефонъ. Практически, ухо, приложенное къ штоку предохранительнаго клапана турбины, даетъ достаточное указаніе того, что происходитъ внутри турбины.

Послѣ того, какъ оба бортовыхъ вала провернуты маневрирующими турбинами, открывается дыхательный кла-

панъ Г. В. Д. настолько, чтобы провернуть всѣ три вала на одинъ или два оборота; потомъ немного пріоткрываются 2 крейсерскихъ дыхательныхъ клапана и валы проворачиваются паромъ, проходящимъ черезъ всю серію. Пустоту теперь поднимаютъ до нормальной, скорость вспомогательныхъ механизмовъ увеличиваютъ до ходовой скорости, давленіе масла увеличивается до того, которое будетъ на ходу, масло направляется черезъ охладитель (если не идетъ еще черезъ него) и докладывается о готовности. Если по какой-либо причинѣ съемка съ якоря откладывается на короткое время, то всѣ турбины проворачиваются паромъ каждыя нѣсколько минутъ на нѣсколько оборотовъ.

Во время составленія настоящаго описанія много вниманія стали обращать на то, какъ наилучшимъ образомъ приготовить къ ходу установку турбинъ Парсонса. Первыя большія турбинныя установки только теперь входятъ въ употребленіе въ американскомъ флотѣ, а нѣкоторыя изъ старыхъ меньшихъ установокъ начинаютъ давать нѣкоторое безпокойство, вѣроятно, скорѣе вслѣдствіе экспериментовъ части судового состава съ болѣе быстрымъ прогрѣваніемъ, нежели вслѣдствіе захватыванія турбинъ при прогрѣваніи по старому испытанному способу. Всякій разъ, когда происходитъ срываніе лопатокъ, для освѣщенія причинъ выставляютъ много новыхъ различныхъ взглядовъ; нѣкоторые изъ нихъ цѣнны, но въ большинствѣ случаевъ довольно сомнительнаго характера. Есть обыкновеніе объяснять всякій случай, если его главная причина, вообще, темна, такимъ образомъ, чтобы снять съ машиннаго персонала подозрѣніе въ небрежности. Теперь выдвигаются слѣдующіе взгляды на наилучшій способъ прогрѣванія турбинъ:

1. Турбины должны быть прогрѣты по способу, описанному въ настоящей главѣ, употребляя паръ самихъ турбинъ для проворачиванія ихъ съ самаго начала операціи.

2. Валоповоротный приводъ, по нѣкоторымъ обстоятельствамъ, не долженъ употребляться все время и турбины не должны быть, вообще, проворачиваемы, пока онѣ не вполнѣ прогрѣты.

3. Если турбина, вообще, проворачивается въ теченіе опе-

раціи прогрѣванія, то она должна быть проворачиваема быстро и средствомъ для этого долженъ быть электромоторъ съ такимъ приводомъ, чтобы роторъ могъ быть провернутъ съ самаго начала съ довольно большою скоростью.

Что касается перваго изъ этихъ мнѣній, то авторъ считаетъ, что примѣчанія, данныя въ настоящей главѣ, достаточно очерчиваютъ его преимущества и недостатки. Казалось бы, что его цѣнность должна зависѣть въ широкой степени отъ личнаго элемента, но въ теченіе настоящаго болѣе или менѣе переходнаго періода, когда механики поршневыхъ машинъ учатся обращаться съ турбинами, все связанное съ управленіемъ турбинами должно зависѣть насколько возможно меньше отъ состава машиннаго отдѣленія. Цѣнность этого способа заключается въ чрезвычайной быстротѣ, съ которой можетъ быть приготовлена къ дѣйствію установка, но, повидимому, тѣ же самые результаты могутъ быть также безопасно достигнуты, если паръ сразу будетъ пущенъ въ холодныя турбины безъ всякаго, вообще, обогрѣванія.

Второй взглядъ основанъ на нѣкоторыхъ здравыхъ разсужденіяхъ, но прогрѣваніе при этомъ несомнѣнно медленное и, когда турбины проворачиваются въ концѣ операціи, онѣ болѣе подвержены случайностямъ. Его безопасность зависитъ отъ заботы, принятой въ этомъ направленіи, и отъ продолжительности обогрѣванія.

Третій методъ при надлежащемъ примѣненіи даетъ нѣкоторые цѣнные пункты, но содержитъ и такіе элементы, которые могутъ показаться безразсуднымъ и ненужнымъ рискомъ.

Для болѣе полнаго объясненія этихъ пунктовъ требуется только обыкновенное разсужденіе. Вопервыхъ, надо запомнить, что личный элементъ долженъ входить въ томъ случаѣ, если машинная команда опытная. Въ американской морской службѣ до сего времени очень мало офицеровъ, имѣвшихъ личный опытъ въ обращеніи съ турбинами; поэтому и умѣніе обращаться съ ними, естественно, почти всецѣло ограничено ими. Если это вѣрно, говоря про офицеровъ, то будетъ тѣмъ болѣе вѣрно по отношенію къ младшимъ офицерамъ и вновь поступившимъ людямъ, ко-

торые, обыкновенно, не знаютъ теоріи, которая пришла бы имъ на помощь въ затруднительныхъ случаяхъ. Поломки турбинъ бываютъ, обыкновенно, по двумъ причинамъ: первая—отъ соединенія неосторожности съ желаніемъ ходить большою скоростью, вторая—отъ небрежности при слишкомъ большомъ опытѣ.

Вполнѣ возможно основывать всю операцію прогрѣванія на простомъ здравомъ разсужденіи. Необходимо только разсматривать турбину какъ 2 концентрическихъ барабана съ малымъ зазоромъ между наружною поверхностью внутренняго и внутреннею поверхностью наружнаго барабановъ. Внутренній барабанъ вращается на оси, а внѣшній неподвиженъ. Когда вся конструкція холодная, то несомнѣнно, что этотъ зазоръ имѣется по всей длинѣ сооруженія, такъ какъ турбина такимъ образомъ спроектирована и построена и испытывается для обезпеченія этого. Когда все сооруженіе однообразно тепло, этотъ зазоръ опять несомнѣненъ, такъ какъ это окончательно доказано испытаніями въ мастерской до установки турбины на судно. Кромѣ того, хотя нижеупоминаемое и не должно непремѣнно слѣдовать изъ прежняго, но вполнѣ основательно повѣрить, что въ любой фазѣ прогрѣванія между холоднымъ и горячимъ состояніями, зазоръ всегда будетъ несомнѣненъ, если заботиться о томъ, чтобы тепло однообразно распредѣлялось по всему сооруженію. Слѣдовательно, случай, когда эти зазоры могутъ исчезнуть и внутренній барабанъ будетъ тереться о наружный, будетъ тогда, когда сооруженіе покороблено вслѣдствіе неодинаковаго нагрѣванія и, слѣдовательно, неодинаковаго расширенія его частей. Температура всей конструкціи поднимается спеціальнымъ источникомъ тепла, помѣщеннымъ на одномъ концѣ сооруженія въ одной точкѣ окружности зазора между барабанами. Если этотъ источникъ даетъ постоянное количество теплоты въ теченіе достаточно продолжительнаго періода времени, то все сооруженіе, въ концѣ концовъ, сдѣлается однообразно прогрѣтымъ, но никто, съ какимъ бы то ни было знаніемъ, вообще, о передачѣ теплоты не скажетъ, что желаемое повсемѣстное прогрѣваніе массы не будетъ совершено

быстрѣе, если тѣло вращается такъ, чтобы подводить всѣ мѣста сооруженія къ источнику тепла.

Главный аргументъ противъ употребленія валоповоротнаго привода слѣдующій: если почему-либо въ теченіе операціи прогрѣванія турбина бываетъ иногда не вполнѣ прогрѣтою, такъ что зазоръ между внутреннимъ и наружнымъ барабаномъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ вполнѣ пропадаетъ и происходитъ касаніе сосѣднихъ частей, то при проворачиваніи турбины въ это время лопатки могутъ быть сильно повреждены. Если признано, что это правильно, предполагаютъ, что роторъ былъ провернутъ довольно значительной силою, такъ какъ только такимъ путемъ могло быть сдѣлано большое поврежденіе. Ясно тогда, что аргументъ направленъ не противъ вращенія турбинъ, а противъ современныхъ типовъ валоповоротныхъ приводовъ, такъ какъ ни одна турбина не можетъ стать настолько покоробленой отъ неравномѣрнаго расширенія, чтобы повредить себя, пока она стоитъ неподвижно и, кромѣ того, коробленіе, въ концѣ концовъ, само собою пропадаетъ. Дѣйствительная опасность создается при вращеніи ротора, когда имѣется коробленіе. Методъ, при которомъ роторъ не вращается никакими средствами, поддерживаемый нѣкоторыми механиками и кажущійся безопаснымъ, требуетъ, чтобы была соблюдаема особенная осторожность при проворачиваніи турбинъ впервые послѣ обогрѣванія, но для современныхъ установокъ этотъ методъ, будучи безопаснымъ, слишкомъ длиненъ и утомителенъ, чтобы считаться удовлетворительнымъ.

Ясно, что когда будетъ изобрѣтенъ способъ проворачиванія турбинъ, другими словами, когда будетъ усовершенствованъ современный типъ валоповоротнаго привода, тогда будетъ желательно проворачивать ихъ во время обогрѣванія. Средствъ для проворачиванія турбинъ можетъ быть 2: ручной или механическій валоповоротный приводъ и собственный паръ турбины; но выборъ между этими способами долженъ быть ограниченъ. Для безопасности, вращающая сила должна быть такого характера, что въ тотъ моментъ, когда какая-нибудь часть ротора касается части корпуса, усиліе должно

сниматься. Ибо, несмотря на всѣ употребляемые методы и всѣ особенныя предосторожности, можетъ случиться моментъ въ какомъ-нибудь процессѣ прогрѣванія, когда турбина «захватитъ». Ни собственный паръ турбины, ни электромоторъ или поворотная машинка, не могутъ быть безопасными средствами проворачиванія турбины съ этой точки зрѣнія. Всѣ средства, которыми турбина проворачивается при сравнительно высокой скорости, должны быть исключены, такъ какъ, если даже вращающее усиліе и мало, всетаки моментъ ротора при такой скорости достаточно великъ, чтобы роторъ не могъ быть сразу остановленъ. Для безопасности, вращеніе ротора должно быть:

1. Насколько возможно непрерывнымъ.
2. Насколько возможно медленнымъ.
3. Такого характера, чтобы при наималѣйшей склонности ротора быть «захваченнымъ», нагрузка немедленно бы снималась.

Ручной трещеточный типъ валоповоротнаго привода, цѣлесообразно примѣняющійся, очень близко подходитъ къ этимъ требованіямъ для малыхъ турбинъ, а для большихъ турбинъ долженъ быть установленъ механическій приводъ, который точно удовлетворялъ бы вышеуказаннымъ условіямъ. Напримѣръ, можетъ быть приспособленъ моторъ съ соотвѣтствующимъ винтозубчатымъ приводомъ, который проворачивалъ бы роторъ приблизительно на 1 оборотъ каждыя 2 или 3 минуты. Токъ можетъ быть пущенъ только такой силы, чтобы преодолѣть треніе привода и вращать роторъ; при малѣйшемъ же увеличеніи этой нагрузки цѣпь будетъ размыкаться выключателемъ. При разумномъ управленіи и обыкновенномъ уходѣ, процессъ прогрѣванія, основанный на этихъ требованіяхъ и при такомъ типѣ поворотнаго механизма, былъ бы абсолютно безопаснымъ и достаточно быстрымъ.

Не разсмотрѣна еще опасность при первоначальномъ проворачиваніи турбинъ паромъ, послѣ того, какъ онѣ предположительно прогрѣты. Здѣсь также наибольшимъ вѣроятіемъ поврежденія можетъ быть только небрежность, такъ какъ опытное управленіе дыхательными клапанами и сознательное манипулированіе давленіями и пустотою даетъ возможность убѣдиться, что турбина свободно идетъ, повора-

чиваніемъ ея на малую часть оборота за разъ, пока она не пройдетъ, по крайней мѣрѣ, полнаго оборота. Но человѣкъ, который дѣлалъ это правильно 99 разъ и никогда не видавшій какой-нибудь ненормальности, рискуетъ иногда на 100 разъ и открываетъ дыхательный клапанъ настолько, чтобы сразу провернуть турбину на 3 или 4 оборота; этотъ же сотый разъ можетъ совпасть съ положеніемъ, при которомъ турбина прогрѣта не вполнѣ. Авторъ рѣшается упомянуть, что изъ всѣхъ случаевъ срыванія лопатокъ въ турбинахъ, 80% можетъ быть отмѣчено вслѣдствіе небрежности, 18% вслѣдствіе неправильнаго способа и только 2% отъ естественныхъ причинъ, которыя не могли быть устранены. Сюда не включены причины, гдѣ недостатокъ заключается въ самомъ проектѣ, но всѣ, или почти всѣ такія турбины никогда не трогаются съ мѣста, пока онѣ не исправлены и послѣ этого не испытаны.

Достойно упоминанія то, что было сдѣлано много повторныхъ испытаній, чтобы доказать возможность пуска турбинъ сразу при сравнительно холодномъ состояніи, и въ дѣйствительной службѣ отъ турбинныхъ судовъ часто требовалось въ крайности сниматься съ якоря безъ всякаго обогрѣванія. Не было никакихъ поврежденій ни при такихъ испытаніяхъ, ни при случаяхъ въ настоящей службѣ, гдѣ такой ходъ дѣла былъ необходимъ, и вполнѣ резонно повѣрить, что, вѣроятно, также безопасно направить паръ въ вполнѣ холодныя турбины, какъ и въ турбины вполнѣ прогрѣтыя. Опасность заключается только въ возможности появленія продолжительныхъ деформацій въ облопатываніи или другихъ частяхъ вслѣдствіе внезапныхъ и сильныхъ колебаній температуры. Конечно, будетъ безопаснѣе направить паръ непосредственно въ холодныя турбины, чѣмъ пробовать прогрѣвать ихъ передъ этимъ 15 минутъ, такъ какъ есть шансы, что у холодной турбины зазоръ будетъ непремѣнно, а у турбины плохо прогрѣтой будетъ всегда склонность къ неравномѣрному расширенію и, слѣдовательно, коробленію. Но безусловно рекомендуется, за исключеніемъ крайностей, никогда не пускать въ ходъ турбины въ холодномъ состояніи.

Глава XII.

Управленіе турбинами на ходу.

Для турбинной установки упомянутой величины и силы (пяти-турбинная, трехвальная установка въ одномъ непроницаемомъ отсѣкѣ) полная ходовая вахта состоитъ, обыкновенно, изъ слѣдующихъ людей (Нижеприводимое относится къ обыкновенному расписанію въ военномъ флотѣ):

1. Старшій помощникъ машиниста, какъ старшій на вахтѣ въ машинномъ отдѣленіи.

2. Одинъ человѣкъ на ручкахъ, старшій помощникъ машиниста или просто помощникъ машиниста, которому поручается общее наблюденіе за дыхательными клапанами и манометровой доской. Этотъ человѣкъ управляетъ дыхательными клапанами праваго борта во время маневрированія, регулируетъ всѣ давленія на ходу, контролируетъ скорость на ходу при крейсерской комбинаціи и, вообще, отвѣтственъ за управленіе турбинами. Онъ пишетъ черновой журналъ и отвѣтственъ за всѣ цифры въ его графахъ.

3. Помощникъ № 2, помощникъ машиниста перваго или второго класса. Этотъ человѣкъ при маневрированіи управляетъ дыхательными клапанами лѣваго борта; обыкновенно, онъ управляетъ всѣми клапанами, расположенными на лѣвой сторонѣ рабочей площадки; смотритъ за уровнемъ питательной воды въ систернахъ, наблюдаетъ за передними подшипниками и помогаетъ № 2 въ съемкѣ показаній для журнала.

4. и 5. Эти люди, обыкновенно масленщики или помощники машиниста второго класса, стоятъ на постахъ по одному на каждой сторонѣ машиннаго отдѣленія. Имъ по-

ручается наблюденіе за правильнымъ ходомъ соотвѣтствующихъ ихъ постамъ вспомогательныхъ механизмовъ машиннаго отдѣленія такихъ, какъ масляные насосы, циркуляціонные насосы, помпы и. т. д. Они регулируютъ противодавленіе на ходу и при перемѣнѣ комбинацій посредствомъ регулирующихъ клапановъ на отработавшихъ магистраляхъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онѣ входятъ въ холодильники. Они наблюдаютъ за состояніемъ подшипниковъ въ серединѣ машиннаго отдѣленія.

6. Этотъ человѣкъ, обыкновенно масленщикъ, наблюдаетъ за патрубкомъ на трубопроводѣ обратнаго масла или, если установлена другая масляная система, дѣлаетъ регулярные обходы всѣхъ подшипниковъ, замѣчая количество вытекающаго изъ подшипниковъ масла и его температуру. Когда установлена система съ патрубкомъ, этотъ человѣкъ, обыновенно, стоитъ на вахтѣ у этого патрубка, гдѣ онъ имѣетъ подъ рукою температуру и количество выходящаго изъ всѣхъ подшипниковъ масла.

7. Этотъ человѣкъ, масленщикъ или помощникъ машиниста второго класса, наблюдаетъ за вспомогательными механизмами въ заднемъ концѣ машиннаго отдѣленія, такими какъ динамо, воздушные насосы и др. Онъ регулируетъ количество питательной воды въ тепломъ ящикѣ, поддерживая точно необходимый уровень воды въ этой систернѣ. Онъ также смотритъ за состояніемъ заднихъ подшипниковъ въ машинномъ отдѣленіи и за подшипниками корридора вала.

Положивъ въ основаніе это примѣрное расписаніе людей въ машинномъ отдѣленіи, разсмотримъ теперь различныя стороны ухода за механизмами на ходу. Все это составлено, болѣе или менѣе, примѣнительно къ приведенному расписанію, такъ что какой-либо логическій порядокъ и послѣдовательность фактовъ невозможны. Весь вопросъ, поэтому, будетъ предложенъ въ видѣ общихъ замѣтокъ.

Послѣ того, какъ турбины были провернуты и доложено, что машины готовы, въ машинномъ отдѣленіи должно быть слѣдующее положеніе. Необходимые котельные и переборочные стопорные клапана должны быть открыты на-

столько, чтобы дать въ главномъ паровомъ патрубкѣ и къ дыхательнымъ клапанамъ полное котельное давленіе. Всѣ дыхательные клапана закрыты, а продуваніе отъ всѣхъ турбинъ открыто. Масляныя помпы должны работать, и въ масляной магистрали должно поддерживаться давленіе отъ 2 ℔ до 4 ℔. Всѣ вспомогательные механизмы должны работать при ихъ нормальной скорости и пустота должна быть отъ 24″ до 26″. Если все количество подводимаго масла не направлено черезъ охладитель, то клапанъ у охладителя долженъ быть теперь открытъ полностью, направляя масло черезъ охладитель, такъ какъ, если температура масла упадетъ ниже нормальной температуры при обогрѣваніи въ эти послѣднія нѣсколько минутъ съемки съ якоря, это никакимъ образомъ не можетъ повліять въ худшую сторону на температуру турбинъ.

Если происходитъ отсрочка съемки съ якоря, то старшій механикъ долженъ освѣдомиться, если возможно, о томъ, какой продолжительности будетъ отсрочка, такъ какъ онъ долженъ согласовать съ этимъ свои распоряженія въ машинномъ отдѣленіи. Обыкновенно, продолжительность будетъ болѣе или менѣе неопредѣленная, но даже приблизительное соображеніе о продолжительности времени до того, когда машины потребуются, существенно поможетъ въ смыслѣ поддержанія пара и турбинъ въ готовности къ ходу. Напримѣръ, если отсрочка будетъ болѣе 2-хъ или 3-хъ часовъ, то, обыкновенно, выгоднѣе совершенно пріостановить работы по подготовкѣ къ ходу; если меньше 2-хъ часовъ, но болѣе 15 минутъ, то слѣдуетъ поступать такъ: Вопервыхъ, уменьшить скорость воздушныхъ насосовъ до необходимой для поддержанія пустоты отъ 10″ до 12″. Вовторыхъ, уменьшить давленіе масла приблизительно до 2 ℔ и регулировать подводъ масла къ маслоохладителю такъ, чтобы держать температуру масла около 38°. Втретьихъ, поддерживать полное давленіе у дыхательныхъ клапановъ, т.-е., не имѣетъ смысла закрывать или манипулировать котельными или переборочными стопорными клапанами. Вчетвертыхъ, держать все продуваніе открытымъ. Впятыхъ, проворачивать всѣ турбины на нѣсколько оборотовъ паромъ ихъ собствен-

ными дыхательными клапанами, по крайней мѣрѣ, каждыя 5 минутъ.

Когда настанетъ время сниматься съ якоря при этомъ положеніи, необходимо только поднять пустоту, пустить масло черезъ охладитель, увеличить давленіе масла до нормальнаго давленія на ходу, увеличить до ходовой скорости скорость всѣхъ вспомогательныхъ механизмовъ и доложить, что машины готовы. Если отсрочка происходитъ только на нѣсколько минутъ, то не надо ничего измѣнять въ машинномъ отдѣленіи. Турбины Н. Д. и задняго хода должны быть проворачиваемы на нѣсколько оборотовъ въ каждую сторону черезъ нѣсколько минутъ, а крейсерскіе дыхательные клапана должны быть слегка пріоткрыты. Турбина Г. В. Д. должна быть тоже проворачиваема каждыя 5 минутъ паромъ отъ своего собственнаго дыхательнаго клапана.

Надо обратить вниманіе на то, что кочегарный персоналъ долженъ быть извѣщаемъ о всѣхъ измѣненіяхъ въ машинномъ отдѣленіи, давая ему насколько возможно полныя указанія, какъ о времени съемки съ якоря, такъ и о времени остановки, о предполагаемой продолжительности работы маневрирующихъ турбинъ и о предполагаемыхъ перемѣнахъ скоростей или комбинацій. Чѣмъ полнѣе эта инструкція, тѣмъ удобнѣе приспособляться слѣдящимъ за водою и тѣмъ цѣлесообразнѣе будетъ управленіе огнемъ; въ результатѣ же будетъ значительное сбереженіе угля и работы. При поршневыхъ машинахъ, пара, обыкновенно, требовалось почти пропорціонально скорости судна, но къ турбинному судну это не примѣнимо. Продолжительное маневрированіе судна со скоростью не превышающей 10 узловъ можетъ требовать пару въ два раза больше, чѣмъ установившійся ходъ со скоростью 17 узловъ при крейсерской комбинаціи. Средній составъ кочегарокъ быстро это оцѣнитъ и небольшая предупредительная инструкція поможетъ ему сознательно управлять вентиляторами и огнемъ. Поэтому, кочегарные телеграфы и телефоны надо содержать въ надлежащихъ условіяхъ, чтобы ими можно было пользоваться во всякое время. Этому предмету будетъ отведено больше мѣста въ главѣ о маневрированіи.

При первомъ сигналѣ къ съемкѣ съ якоря, давленіе масла доводится до нормальнаго ходового давленія и пускается паръ въ аугменторъ. Какъ только будетъ пущенъ паръ въ турбины, условія внутри ихъ измѣнятся и поэтому потребуется небольшая регулировка давленія въ сальникахъ, чтобы поддерживать его около 1 ℔ по манометру. Отъ момента съемки съ якоря до того, когда установится постоянная скорость, противодавленіе требуетъ постоянной регулировки для поддержанія его на достаточной величинѣ, такъ какъ въ этомъ періодѣ количество отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ будетъ все время измѣняться вслѣдствіе измѣненія скорости вентиляторовъ, питательныхъ насосовъ и пр. При описанномъ типѣ клапана, установленномъ на отработавшей магистрали въ мѣстѣ ея входа въ холодильникъ, это регулированіе производится легко измѣненіемъ нагрузки пружинъ этого клапана.

Почти во всѣхъ случаяхъ съемки съ якоря турбиннаго судна, выходя изъ бассейна, разворачиваясь въ каналѣ или занимая мѣсто въ эскадрѣ, будетъ необходимо на короткое время пустить маневрирующія турбины. Продолжительность этого маневрированія будетъ, конечно, зависѣть отъ различныхъ обстоятельствъ, но, вообще, старшій механикъ по своему прежнему опыту и по характеру якорной стоянки можетъ судить о продолжительности предстоящаго маневрированія и, сообразно съ этимъ, приготовиться управлять машинами. Весь предметъ маневрированія будетъ разсмотрѣнъ подробно въ слѣдующей главѣ, а здѣсь только упомянемъ, что маневрирующія турбины, какъ таковыя, чрезвычайно неэкономичны и ихъ продолжительное употребленіе требуетъ много пара, а слѣдовательно, усиленнаго отопленія и хорошаго огня. Такъ какъ этотъ большой объемъ пара идетъ почти непосредственно въ холодильники, черезъ малый рядъ расширеній, то холодильники скоро становятся горячими и, вслѣдствіе этого, страдаетъ пустота. Если, по мнѣнію старшаго механика, маневрированіе ожидается продолжительное, то онъ долженъ дать инструкцію въ кочегарное отдѣленіе, чтобы кочегары поддерживали въ котлахъ хорошій огонь и высокое давленіе пара въ теченіе этого періода. Въ машинномъ

отдѣленіи при первомъ сигналѣ увеличиваютъ скорость воздушныхъ насосовъ и циркуляціонныхъ помпъ до ихъ полной ходовой скорости въ стремленіи поддержать, насколько возможно продолжительнѣе, высокую пустоту. Слѣдуетъ замѣтить, что скорость этихъ насосовъ должна быть увеличена раньше, чѣмъ начнетъ падать пустота, такъ какъ дѣйствіе маневрирующихъ турбинъ все время ухудшаетъ пустоту: Когда падаетъ пустота, то для поддержанія того же числа оборотовъ потребуется больше пару, потому что при паденіи пустоты уменьшается дѣйствительное паденіе давленія и, вслѣдствіе этого, для поддержанія той же скорости, въ холодильникъ должно пойти больше пара, отчего пустота стремится упасть еще ниже. При нѣкоторыхъ установкахъ продолжительное маневрированіе уменьшаетъ пустоту съ 27″ на 15″ и меньше, если даже оба воздушные насоса и циркуляціонныя помпы работаютъ почти при полной скорости. Если маневрированіе будетъ, вѣроятно, не продолжительнымъ (правильнѣе тогда не указывать никакого времени, такъ какъ это вопросъ чисто мѣстныхъ условій, такихъ, какъ температура циркуляціонной воды, размѣръ и сила циркуляціонныхъ насосовъ и т. д., то въ этомъ случаѣ, обыкновенно, не слѣдуетъ прикладывать излишнихъ усилій для удержанія пустоты, такъ какъ съ переходомъ на крейсерскую комбинацію пустота скоро поднимется, несмотря на то, что при маневрированіи она сильно упала.

Теперь необходимо посвятить немного времени разсмотрѣнію современныхъ способовъ поддержанія скорости и числа оборотовъ при турбинныхъ установкахъ. Это довольно серьозный вопросъ, такъ какъ отъ него зависитъ рѣшеніе, можно ли устанавливать турбины на тѣхъ судахъ, которыя должны совмѣстно маневрировать въ эскадрѣ. Все неудобство до сихъ поръ заключалось въ томъ, что не было совершеннаго инструмента для указанія точнаго числа оборотовъ любого вала во всякій моментъ. Послѣднія суда снабжены такими инструментами, а, въ концѣ концевъ, и всѣ турбинныя суда будутъ ихъ имѣть, но до этого времени современныя машинныя команды будутъ въ широкой степени базироваться на давленіяхъ, а не на числахъ оборотовъ. На

первоначальныхъ истребителяхъ были установлены счетчики оборотовъ стараго типа съ такою передачей, что 10 оборотовъ вала указывались однимъ оборотомъ счетчика. При двухъ валахъ и поршневыхъ машинахъ, которыхъ полная скорость была около 120 оборотовъ въ 1 минуту, скорость могла быть быстро и точно опредѣлена этими инструментами, но при трехъ валахъ и числѣ оборотовъ отъ 200 до 800 въ 1 минуту эта задача становится гораздо сложнѣе. При медленно вращающейся поршневой машинѣ извѣстное давленіе пара въ золотниковыхъ коробкахъ цилиндровъ высокаго давленія и извѣстная пустота въ холодильникахъ обусловливаютъ извѣстное число оборотовъ, и измѣненіе пустоты на цѣлый дюймъ имѣетъ только едва замѣтное вліяніе на это число оборотовъ. При турбинахъ положеніе иное. Самое малое измѣненіе пустоты вредитъ числу оборотовъ и, даже при постоянныхъ давленіи и пустотѣ, число оборотовъ на любомъ валу можетъ слегка измѣняться. Стараніе поддержать данное число оборотовъ обращаетъ машинное отдѣленіе въ классъ ариѳметики. Весьма естественно найти всю вахту сгруппировавшеюся вокругъ счетчиковъ машинъ, каждаго со своимъ карандашемъ и бумагою, опредѣляя среднее число оборотовъ. Наилучшимъ способомъ до сего времени было управленіе по давленіямъ вмѣсто оборотовъ, если не установлены записывающіе инструменты. Въ теченіе первыхъ дней послѣ сдачи, слѣдовательно, всѣ усилія должны быть направлены къ пріобрѣтенію насколько возможно скорѣе данныхъ, которыя указывали бы отношеніе между давленіями, числами оборотовъ и скоростями для всѣхъ скоростей и при всѣхъ комбинаціяхъ. Эти данныя, обыкновенно, имѣются у старшаго механика въ формѣ серій кривыхъ и помѣщены въ какомъ-нибудь удобномъ мѣстѣ въ машинномъ отдѣленіи въ видѣ таблицъ. Такая таблица будетъ имѣть слѣдующую форму:

Таблица давленій и чиселъ оборотовъ судна С. А. С. Ш.

(названіе судна).

При среднемъ углубленіи и средней нагрузкѣ.

Пустота 29″. Чистое дно.

Скорость судна въ узлахъ.	Среднее число оборотовъ всѣхъ валовъ.	Давленія въ паровыхъ пролетахъ.		
		К. В. Д.	К. С. Д.	Г. В. Д.

Надо запомнить, что эта таблица составляется для средней пустоты, средняго водоизмѣщенія и чистаго дна и не содержитъ никакихъ поправокъ, касающихся употребленія отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ на низкихъ ступеняхъ расширенія. Слѣдовательно, цифры ея должны всякій разъ подвергаться поправкамъ: вопервыхъ, на обросшее дно; вовторыхъ, на меньшую или большую пустоту; втретьихъ, на такое измѣненіе количества угля, запасовъ и т. п. на суднѣ, которымъ судно приводится къ водоизмѣщенію выше или ниже средняго; и вчетвертыхъ, на употребленіе отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ турбинахъ Н. Д.

Для маневрирующихъ турбинъ должны быть сдѣланы отдѣльныя серіи кривыхъ и таблицы. Онѣ, въ лучшемъ случаѣ, суть только посредственныя приближенія, такъ какъ пустота сильно измѣняется во время маневрированія и, кромѣ того, въ работѣ впередъ или назадъ находятся только 2 вала, средній же валъ дѣйствуетъ какъ тормозъ и стремится уменьшить скорость судна. Такія таблицы, обыкновенно, составляются для установленной средней ожидаемой пустоты при маневрированіи и основаны на приращеніи давленія въ пролетѣ маневрирующей турбины по 10 ℔ или 20 ℔. Приблизительный видъ такой таблицы слѣдующій:

Маневрирующія турбины.

Пустота 24″.

Передняго хода (т. е. Н. Д.).		Задняго хода.	
Давленіе въ пролетѣ въ ℔ на 1″ □	Скорость судна въ узлахъ.	Давленіе въ пролетѣ въ ℔ на 1″ □	Скорость судна въ узлахъ.
—10	5	—10	4
0	7,5	0	5
10	10	10	8
20	12	20	10
30	14	30	11
40	15	40	12

Предметъ управленія маневрирующими турбинами по давленіямъ будетъ разобранъ детально въ слѣдующей главѣ. Надо замѣтить, что имѣются установки, которыя имѣютъ циркуляціонные и воздушные насосы такихъ размѣровъ и производительности, что они могутъ поддерживать высокую пустоту, несмотря на продолжительное употребленіе маневрирующихъ турбинъ. Для такихъ установокъ вышеуказанная таблица, безъ сомнѣнія, основывается на этой большой пустотѣ и употребленіе маневрирующихъ турбинъ поэтому вообще упрощается.

Естественно, что способъ регулированія скорости по давленіямъ во всѣхъ смыслахъ нежелателенъ и неправиленъ и можетъ быть приложимъ довольно удовлетворительно только къ миноносцамъ. На рынкѣ теперь имѣются указатели числа оборотовъ, которые показываютъ въ любое время точное число оборотовъ въ минуту каждаго вала и теперь вышла усовершенствованная конструкція того же самаго прибора, который показываетъ на циферблатѣ среднее число оборотовъ въ минуту трехъ или болѣе валовъ. Когда эти приборы будутъ усовершенствованы, вопросъ управленія турбинными судами въ эскадрѣ или поддержанія постоян-

наго числа оборотовъ будетъ разрѣшенъ; но до этого времени употребленіе давленій даетъ быстрый и чрезвычайно точный способъ и устраняетъ большое количество ненужной ариѳметики. На судахъ, плавающихъ въ эскадрѣ, вошло даже въ привычку регулировать скорость давленіями, передавая съ мостика внизъ приказанія прибавить или убавить 5 ℔ давленія, а не прибавить или убавить 1 оборотъ. Въ то время, какъ весь способъ кажется неточнымъ и приблизительнымъ, результаты получаются весьма удивительные, послѣ того какъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ опыта собраны достовѣрныя данныя; среднія числа оборотовъ всѣхъ валовъ въ теченіе продолжительнаго похода едва ли будутъ отличаться другъ отъ друга изъ часа въ часъ болѣе чѣмъ на 3 или 4 оборота.

Главное затрудненіе до настоящаго времени заключалось въ томъ, что инструменты для указанія числа оборотовъ не были заслуживающими довѣрія, были подвержены поломкамъ и, обыкновенно, требовали постоянныхъ исправленій. Когда будетъ превзойдена эта трудность, тогда для поддержанія желаемой скорости надо будетъ только манипулировать дыхательными клапанами и наблюдать за одной стрѣлкой.

Въ настоящей главѣ предположимъ, что при частномъ случаѣ съемки съ якоря данъ на нѣсколько минутъ средній ходъ назадъ обѣимъ машинамъ, а затѣмъ будетъ дана установленная скорость впередъ при К. В. Д. комбинаціи. Машинистъ на ручкахъ знаетъ изъ таблицъ и инструкцій, что:

1. Средній ходъ назадъ есть скорость, получающаяся при 20℔ давленія въ паровыхъ пролетахъ турбинъ задняго хода и при пустотѣ 25″.

2. Установленная скорость впередъ при К. В. Д. есть скорость, получающаяся при давленіи 150℔ въ паровомъ пролетѣ К. В. Д. турбины и при пустотѣ 29″.

При первомъ сигналѣ съ мостика, скажемъ, «правая средній назадъ», человѣкъ на ручкахъ праваго борта быстро открываетъ свой маневрирующій клапанъ, пока манометръ

турбины задняго хода не покажетъ давленіе 20 ℔. Онъ наблюдаетъ въ тоже время за вакуметромъ и, если достаточно напрактикованъ съ установкою, можетъ измѣнять это давленіе 20℔ отъ времени до времени для компенсаціи измѣненія пустоты выше или ниже нормальной пустоты при маневрированіи 25″. Напримѣръ, если послѣ работы значительное время заднимъ ходомъ пустота упала до 24″, то незначительнымъ дальнѣйшимъ увеличеніемъ открытія маневрирующаго клапана, давленіе въ турбинѣ можно увеличить до 22 ℔ или 23 ℔, получая практически то же число оборотовъ въ 1 минуту, какое было при 20 ℔ и 25″ пустоты. Если эта пустота стала 26″ вмѣсто 25″, то давленіе можетъ быть уменьшено до 17 ℔ или 18 ℔. Все дѣло основано на практикѣ, и въ результатѣ число оборотовъ въ 1 минуту, обыкновенно, получается болѣе точно, чѣмъ можно ожидать. Подобнымъ образомъ, по полученіи требованія задняго средняго хода по другому телеграфу, открывается лѣвый маневрирующій клапанъ, чтобы дать давленіе 20 ℔ въ лѣвой турбинѣ задняго хода. Если при работѣ маневрирующихъ турбинъ получается сигналъ «стопъ», то практично будетъ вращать сначала маховикъ маневрирующаго клапана за положеніе «стопъ», а потомъ быстро приводить клапанъ въ закрытое положеніе, и такимъ образомъ останавливать валъ пускомъ небольшого количества пара въ противоположный конецъ турбины. Это помогаетъ поддерживать турбины передняго и задняго хода прогрѣтыми и готовыми къ дѣйствію.

Если въ разсматриваемомъ случаѣ не послѣдуетъ сигнала «стопъ», а будетъ требованіе установленнаго хода впередъ, то оба маневрирующихъ клапана плотно закрываются и открывается дыхательный клапанъ К. В. Д., чтобы дать желаемое давленіе въ паровомъ пролетѣ К. В. Д. турбины. Открывая медленно этотъ клапанъ, надо убѣдиться, что невозвратные клапана между К. В. Д. и К. С. Д., К. С. Д. и Г. В. Д., Г. В. Д. и обѣими турбинами Н. Д. не закрыты или частью не прикрыты и, когда поднимается давленіе въ паровомъ пролетѣ К. В. Д., надо наблюдать за всѣми манометрами, чтобы знать, что давленіе во всѣхъ послѣдую-

щихъ турбинахъ въ серіи увеличивается въ надлежащей пропорціи. Важность этого подтверждаетъ слѣдующій дѣйствительный примѣръ.

Снимался съ якоря извѣстный истребитель. Установленная скорость была назначена 15 узловъ или такое число оборотовъ въ минуту, которое получается при давленіи 140 ℔ въ паровомъ пролетѣ К. В. Д. при этой комбинаціи. Судно выходило заднимъ ходомъ изъ гавани подъ маневрирующими турбинами, развернулось въ каналѣ и, послѣ того какъ былъ взятъ курсъ, былъ данъ сигналъ съ мостика для установившагося хода. Дыхательный клапанъ К. В. Д. былъ открытъ, пока манометръ этой турбины не показалъ требуемаго давленія 140 ℔ и въ тоже самое время было замѣчено, что манометръ К. С. Д. показываетъ свое нормальное давленіе около 60 ℔. Всѣ валы вращались и, хотя еще не было времени провѣрить число оборотовъ, въ машинномъ отдѣленіи все казалось нормальнымъ. Черезъ нѣсколько секундъ пришелъ разсыльный съ мостика узнать, отчего судно почти стоитъ, когда оно, судя по переданному сигналу, должно дѣлать около 15 узловъ. Осмотръ показалъ, что невозвратный клапанъ между К. С. Д. и Г. В. Д. турбинами былъ случайно почти закрытъ и, въ то время какъ въ К. В. Д. и К. С. Д. турбинахъ были нормальныя давленія, въ Г. В. Д. турбину попадало то незначительное количество пара, которое только могло просочиться черезъ почти закрытый клапанъ. Хотя валы вращались и двигались счетчики оборотовъ, скорость валовъ была очень малая, такъ какъ паръ скоплялся въ К. В. Д. и К. С. Д. турбинахъ и только небольшое количество просочившагося пара вращало средній валъ. Манометры Г. В. Д. и Н. Д., конечно, показали бы это сразу, но этотъ случай былъ вскорѣ послѣ сдачи судна и старшій механикъ былъ удовлетворенъ взглядомъ на К. В. Д. и К. С. Д. манометры. Здѣсь можно замѣтить, что при скорости отъ 300 до 600 оборотовъ въ 1 минуту быстрота вращенія счетчиковъ выглядитъ весьма близкою и только, наблюдая за счетчикомъ въ теченіе извѣстнаго времени, средній человѣкъ замѣтитъ разницу въ ихъ скоростяхъ.

Какъ только установятся надлежащія давленія во всѣхъ турбинахъ послѣ перехода съ маневрирующей на крейсерскую комбинацію, всему даютъ насколько возможно быстро прійти въ установившееся положеніе. При съемкѣ съ якоря и маневрированіи противодавленіе значительно колеблется, вслѣдствіе колебанія скоростей вспомогательныхъ механизмовъ; и въ этомъ періодѣ надо все время мѣнять установку пружинныхъ клапановъ на этихъ магистраляхъ. Какъ только установится нормальная скорость вспомогательныхъ механизмовъ, эта регулировка далѣе не нужна и клапана будутъ требовать регулировки только въ такихъ случаяхъ, какъ увеличеніе скорости вентиляторовъ или пускъ въ ходъ нѣкоторыхъ лишнихъ механизмовъ. Послѣ надлежащей установки давленія въ магистрали отработавшаго пара вспомогательныхъ механизмовъ, паръ изъ нея впускается въ турбины въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ, послѣ чего клапана на холодильникѣ вполнѣ закрываются. Это вводитъ новое дополненіе въ вышеуказанныя кривыя давленій, такъ какъ то же самое давленіе въ паровомъ пролетѣ любой турбины даетъ, очевидно, болѣе высокую скорость, если на низкихъ ступеняхъ расширенія утилизируется отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ, и это увеличеніе, до нѣкоторой степени, будетъ пропорціонально количеству отработавшаго пара. Это дополненіе трудно учитывается и не можетъ быть введено въ видѣ поправочнаго коэффиціента въ кривыя давленій; обыкновенно для опредѣленной скорости эта поправка находится непосредственно опытомъ, уменьшая давленіе въ паровомъ пролетѣ.

Предположимъ, напримѣръ, что по кривой давленіе въ 145 ℔ должно дать скорость вала 385 оборотовъ въ 1 минуту. Когда же отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ будетъ пущенъ въ турбины, то это давленіе 145 ℔, можетъ быть, даетъ 400 оборотовъ въ 1 минуту и однимъ или двумя испытаніями можно будетъ найти, что для первоначальныхъ 385 оборотовъ въ 1 минуту теперь потребуется давленіе только 138 ℔. Вся сущность регулированія скорости давленіями и введеніемъ большого количества довольно сложныхъ поправокъ покажется, вѣроятно,

среднему механику очень не точнымъ и не основательнымъ способомъ поддержанія данной скорости; но надо припомнить, что судно, обыкновенно, дѣлаетъ наибольшее количество переходовъ при какихъ-нибудь двухъ или трехъ скоростяхъ и даже небольшой опытъ дастъ возможность старшему механику опредѣлить точно соотношеніе между давленіемъ, пустотою и водоизмѣщеніемъ для этихъ скоростей, а эти результаты могутъ быть скоро исправлены, такъ что могутъ быть приложимы къ любымъ другимъ скоростямъ. Передача указаній съ мостика въ давленіяхъ, а не въ числахъ оборотовъ для малыхъ измѣненій скорости при сохраненіи положенія въ эскадрѣ также вполнѣ правильна, какъ и старый способъ, при которомъ передавались внизъ поправки въ числахъ оборотовъ.

Упомянемъ опять, что все предыдущее относится въ широкой степени къ старымъ прежнимъ установкамъ, корыя были снабжены первоначальнымъ типомъ счетчиковъ оборотовъ и примѣненіе давленій въ этихъ случаяхъ было единственнымъ короткимъ и удобнымъ методомъ для достиженія тѣхъ же результатовъ, какъ и при большихъ сложныхъ ариѳметическихъ подсчетахъ. Но все же уничтоженіе этого способа есть только вопросъ времени.

Какъ только установится нормальное ходовое положеніе, берутся и записываются величины зазоровъ въ думмисахъ. Въ теченіе же хода отсчеты всѣхъ микрометровъ должны браться и записываться, по крайней мѣрѣ, одинъ разъ въ каждую вахту, а также въ тѣхъ случаяхъ, когда сдѣлана перемѣна силы или комбинаціи. Приблизительно одинъ разъ въ мѣсяцъ долженъ быть взятъ отсчетъ зазоровъ въ думмисахъ каждой турбины Н. Д. при работѣ ея какъ маневрирующей турбины впередъ и назадъ. Эти отсчеты микрометровъ записываются каждую вахту въ журналъ и также въ другую книгу, которая хранится въ конторкѣ съ вахтеннымъ журналомъ и называется «думмисовой книгой». Если она тщательно ведется, то записи этой думмисовой книги даютъ полную картину положенія думмисовъ и изнашиванія упорныхъ колецъ, и будутъ указывать не только ожидаемый зазоръ въ думмисахъ при

любыхъ силахъ и скоростяхъ, но также будутъ давать ясное указаніе какой-либо ненормальности или неправильности въ любомъ отсчетѣ. Чтобы записи имѣли цѣнность, каждый зазоръ долженъ быть записанъ вмѣстѣ съ давленіемъ пара въ турбинѣ во время съемки отсчета. Образчикъ такой записи слѣдующій:

10 января 1911 года. Вахта съ 8 час. утра до 12 ч. дня; К. В. Д. комбинація; 15 узловъ.

К. В. Д.	К. С. Д.	Г. В. Д.	Л. Н. Д.	П. Н. Д.
140 ℔	70 ℔	20 ℔	0 ℔	—1 ℔
0,010″	0,014″	0,018″	0,015″	0,011″

Послѣ того какъ турбины проработали нѣсколько мѣсяцевъ, не представляется необходимымъ далѣе записывать зазоры въ думмисовую книгу каждую вахту. Но они всетаки берутся каждую вахту и записываются въ журналъ; въ думмисовую же книгу достаточно записывать одинъ разъ въ день или одинъ разъ при каждой значительной перемѣнѣ силы. Полезно будетъ взять отсчеты зазоровъ въ думмисахъ какъ можно скорѣе послѣ перехода на крейсерскую комбинацію, такъ какъ при пускѣ въ ходъ при съемкѣ съ якоря весьма важно быть увѣреннымъ, что величина зазоровъ въ думмисахъ во всѣхъ турбинахъ достаточная; но для записей будетъ хорошо взять послѣдующій отсчетъ часъ спустя, такъ какъ, по крайней мѣрѣ, за это время всѣ части установки достигнутъ наибольшихъ предѣловъ расширенія и «выберется вся слабина».

Изъ предыдущихъ главъ очевидно, что разница въ отсчетахъ микрометра можетъ быть отъ слѣдующихъ причинъ:

1. Отсчеты могутъ измѣняться въ предѣлахъ «зазора для слоя масла», когда роторъ двигается впередъ или назадъ въ этихъ предѣлахъ, вслѣдствіе измѣненія силы и направленія аксіальнаго давленія.

2. Изнашиваніе рабочихъ поверхностей верхнихъ и нижнихъ вкладышей установочнаго подшипника будетъ увеличивать зазоръ для «маслянаго слоя» и вслѣдствіе этого возможны измѣненія зазора въ думмисахъ.

3. Сами установочные подшипники могутъ случайно сдвинуться (хотя этотъ случай почти невозможенъ при современной конструкціи).

4. Неодинаковое расширеніе, происходящее отъ неравномѣрнаго нагрѣванія, можетъ вредно вліять на зазоры въ думмисахъ.

5. Вся конструкція имѣетъ нѣкоторую «игру или слабину». Она можетъ быть въ обоихъ направленіяхъ въ зависимости отъ развиваемой силы и можетъ даже измѣняться изо дня въ день при той же самой силѣ.

Разсмотрѣніе этихъ пяти причинъ, вслѣдствіе которыхъ можетъ измѣняться зазоръ въ думмисахъ, даетъ возможность формулировать правила, которыя помогаютъ опредѣлить, когда ожидается наибольшій и наименьшій зазоры.

Наибольшіе зазоры. 1. При полной или почти полной силѣ, когда аксіальное давленіе пара больше аксіальнаго давленія винта. (Если же судно идетъ со скоростью свыше своей проектированной скорости, то можетъ быть моментъ, когда зазоръ станетъ минимальнымъ, такъ какъ давленіе винта превзойдетъ давленіе пара и наибольшая «слабина» всей турбины выберется въ одномъ направленіи). Напримѣръ, у турбины Н. Д. одного миноносца, проектированнаго на 28 узловъ, нормальный зазоръ считается отъ 0,016″ до 0,014″; при 30 узлахъ онъ становится отъ 0,018″ до 0,019″, а при 34 узлахъ падаетъ до 0,005″ и 0,004″, возвращаясь къ нормальному съ уменьшеніемъ скорости.

2. Когда быстро открытъ паръ и судно еще не забрало хода.

3. Когда зазоръ для маслянаго слоя больше необходимаго и имѣется избытокъ аксіальнаго давленія пара.

Наименьшіе зазоры. 1. Когда турбины холодныя.

2. При швартовыхъ пробахъ въ гавани, такъ какъ аксіальное давленіе винта въ этомъ случаѣ будетъ почти всегда превосходить аксіальное давленіе пара.

3. При ходѣ подъ крейсерскими турбинами при ихъ наивысшихъ скоростяхъ, такъ какъ давленіе пара въ турбинахъ Н. Д. не будетъ достаточнымъ для уравновѣшиванія

увеличивающагося аксіальнаго давленія винтовъ, направленнаго впередъ, вслѣдствіе увеличенія вращающаго момента турбинъ Н. Д. крейсерскими турбинами. Это особенно справедливо для К. С. Д. комбинаціи.

4. Если на ходу судна будетъ внезапно прикрытъ паръ. (Но какъ только винтъ начнетъ тормозить, зазоръ станетъ наибольшимъ).

Моменты, когда измѣняются отсчеты зазоровъ въ думмисахъ вслѣдствіе перемѣны направленія равнодѣйствующей аксіальнаго давленія, должны быть установлены для каждаго отдѣльнаго судна опытомъ, потому что у каждой установки турбинъ это проявляется различно. Между тѣмъ, небольшой только опытъ укажетъ эти точки перемѣны направленія равнодѣйствующей аксіальнаго давленія. Отсчеты, которые берутся когда давленія въ паровыхъ пролетахъ, а слѣдовательно и температуры въ турбинахъ быстро измѣняются, будутъ все время съ большими колебаніями и необходимо дать турбинамъ поработать сначала нѣкоторое время при установившихся давленіи и температурѣ, а потомъ уже можно получить однообразные отсчеты.

Когда, напримѣръ, сдѣланъ переходъ съ маневрирующихъ турбинъ на крейсерскую комбинацію, воздушные насосы и циркуляціонныя помпы работаютъ еще съ большой скоростью, пустота же ниже нормальной; надо дать нѣкоторое время механизмамъ приспособиться къ нормальнымъ условіямъ при силѣ и скорости, соотвѣтствующихъ этой крейсерской комбинаціи. Продолжительность времени, которое пройдетъ пока установятся эти условія, зависитъ отъ температуры циркуляціонной воды и продолжительности употребленія маневрирующихъ турбинъ, а, кромѣ того, и отъ мѣстныхъ условій данной установки. Приведемъ цифровой примѣръ: На одномъ суднѣ въ моментъ перехода съ маневрирующихъ турбинъ на К. В. Д. комбинацію давленіе пара 140 *ft*, пустота опустилась до 22″; оба воздушныхъ насоса дѣлаютъ 30 двойныхъ ходовъ въ минуту, а циркуляціонные насосы дѣлаютъ 300 оборотовъ въ 1 минуту. Какъ только пущена въ дѣйствіе К. В. Д. комбинація, пустота начнетъ подниматься и по прошествіи, вѣроятно, 4

или 5 минутъ поднимется до 29″, что считается у этой установки нормальнымъ для такой скорости. Такъ какъ пустота увеличивается, то ходъ воздушныхъ насосовъ и циркуляціонныхъ помпъ надо постепенно уменьшать до такой скорости, которая необходима для поддержанія этой нормальной пустоты. И разъ нормальная пустота установлена, то она съ весьма малыми колебаніями можетъ быть поддерживаема однимъ воздушнымъ насосомъ. Это, конечно, вѣрно только при болѣе низкихъ крейсерскихъ скоростяхъ. Для всякой скорости корабля должны быть всегда свои нормальныя скорости вспомогательныхъ механизмовъ и небольшой опытъ съ любою установкой укажетъ эти нормальныя скорости.

Какъ только пустота и давленія въ турбинахъ установятся, и отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ будетъ пущенъ въ турбины, необходимо провѣрить число оборотовъ въ минуту турбинъ. Напримѣръ, если желательно поддерживать такую скорость судна, которая получается при среднемъ числѣ оборотовъ въ 1 минуту 400, то на основаніи предыдущаго опыта устанавливаются такія давленія, чтобы получить съ насколько возможно большимъ приближеніемъ эти 400 оборотовъ и, когда установится это положеніе, числа оборотовъ тщательно измѣряются черезъ интервалы нѣсколькихъ минутъ по счетчикамъ и выводится среднее число оборотовъ всѣхъ валовъ; послѣ этого, рядомъ попытокъ окончательно уже опредѣляется надлежащее давленіе въ пролетѣ. Измѣненія скорости, потребныя для поддержанія положенія судна въ строю, передаются въ машинное отдѣленіе съ мостика приказаніями измѣнить давленіе на извѣстное число фунтовъ. Число фунтовъ, на которое измѣняется давленіе однимъ сигналомъ, не одинаково при различныхъ скоростяхъ и различныхъ комбинаціяхъ. Напримѣръ при К. В. Д. комбинаціи и скорости между 14 и 16 узлами измѣненіе давленія на 10 ℔ измѣнитъ скорость судна отъ $^1/_8$ до $^1/_4$ узла, тогда какъ при той же самой скорости, но при комбинаціи Г. В. Д. потребуется измѣненіе давленія только на 1 ℔, чтобы произвести то же самое измѣненіе скорости.

Перемѣна комбинацій. Открываніе и закрываніе различныхъ клапановъ при переходѣ съ одной комбинаціи на другую должно происходить въ нѣкоторой системѣ, приводимой ниже въ формѣ инструкцій.

Переходъ съ маневрирующей на К. В. Д. комбинацію;

1. Закрыть плотно маневрирующіе клапана.

2. Открыть дыхательный клапанъ К. В. Д. настолько, чтобы дать въ паровомъ пролетѣ К. В. Д. турбины требуемое давленіе.

3. Для предосторожности смотрѣть, чтобы всѣ невозвратные клапана на выпускныхъ трубахъ изъ турбины въ турбину были открыты и чтобы манометры на паровыхъ пролетахъ всѣхъ турбинъ показывали бы надлежащее давленіе.

4. Послѣ нѣсколькихъ секундъ, т. е. когда пройдетъ достаточно времени, что можно быть убѣжденнымъ, что въ турбинахъ нѣтъ воды, закрыть все продуваніе турбинъ, исключая продуванія турбинъ задняго хода (если оно имѣется).

5. Направить отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ на подходящую ступень расширенія.

Переходъ съ маневрирующей на К. С. Д. комбинацію.

1. Закрыть маневрирующіе клапана.

2. Закрыть невозвратный клапанъ между К. С. Д. и К. В. Д. (онъ закроется самъ при открываніи дыхательнаго клапана К. С. Д., но, обыкновенно, его закрываютъ вручную для увѣренности въ томъ, что онъ не будетъ пропускать.

3. Открыть дыхательный клапанъ К. С. Д. до поднятія требуемаго давленія, замѣчая, какъ и раньше, давленіе въ остальныхъ турбинахъ.

4. Послѣ нѣсколькихъ секундъ закрыть все продуваніе, исключая К. В. Д., и наблюдать, чтобы послѣднее было открыто полностью въ холодильникъ. Провѣрять пустоту въ К. В. Д. турбинѣ по ея вакуметру, убѣдившись сначала, что дыхательный клапанъ К. В. Д. плотно закрытъ.

5. Пустить отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ на подходящую ступень расширенія, соотвѣтственно развиваемой силѣ.

Переходъ съ маневрирующей комбинаціи на Г. В. Д. комбинацію. 1. Закрыть плотно оба маневрирующихъ клапана.

2. Закрыть невозвратный клапанъ между Г. В. Д. и К. С. Д.

Открыть дыхательный клапанъ Г. В. Д., чтобы дать надлежащее давленіе въ эту турбину и замѣтить показанія манометровъ остальныхъ работающихъ турбинъ.

4. Послѣ нѣсколькихъ секундъ закрыть все продуваніе, исключая продуванія К. С. Д. и К. В. Д. турбинъ. Убѣдиться, что дыхательные клапана К. С. Д. и К. В. Д. закрыты плотно и что эти турбины имѣютъ надлежащую пустоту.

5. Пустить отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ на надлежащую ступень расширенія, соотвѣтственно развиваемой силѣ.

Переходъ съ любой комбинаціи на маневрирующія турбины. 1. Весьма важно. Перекрыть отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ холодильникъ. Это легко забыть при внезапной потребности въ маневрирующихъ турбинахъ, какъ напримѣръ, при сигналѣ въ случаѣ какой-нибудь крайности; но если это не сдѣлано, то этотъ паръ не только не пойдетъ въ какую-нибудь турбину передняго хода противоположно теченію пара въ маневрирующей турбинѣ задняго хода, которая теперь находится въ работѣ, но онъ можетъ причинить неравномѣрное расширеніе на тѣхъ ступеняхъ турбины, къ которымъ онъ идетъ, такъ какъ главный паръ закрытъ въ эту турбину, а отработавшій отъ вспомогательныхъ механизмовъ поступаетъ въ нее только въ одномъ мѣстѣ.

2. Закрыть дыхательный клапанъ работающей комбинаціи.

3. Открыть маневрирующіе клапана, если это потребуется сигналомъ.

4. Открыть продуваніе К. В. Д., К. С. Д. и Г. В. Д. турбинъ (нѣкоторые изъ этихъ продувательныхъ крановъ могутъ быть уже открыты, но надо убѣдиться, чтобы они всѣ были открыты).

Переходъ съ любой комбинаціи на стопъ. 1. Перекрыть отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ холодильники.

2. Закрыть дыхательные клапана.

3. Открыть все продуваніе.

Переходъ съ К. В. Д. на К. С. Д. комбинацію.

1. Закрыть дыхательный клапанъ К. В. Д.

2. Открыть дыхательный клапанъ К. С. Д.

3. Закрыть невозвратный клапанъ между К. С. Д. и К. В. Д. турбинами.

4. Открыть продуваніе К. В. Д.

5. Урегулировать давленіе отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ согласно потребности.

При переходѣ съ К. В. Д. комбинаціи на Г. В. Д. комбинацію или съ К. С. Д. на Г. В. Д. комбинацію должны примѣняться тѣ же самые методы, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, замѣняя въ инструкціи названія соотвѣтствующихъ клапановъ. Всегда при значительномъ измѣненіи силы необходимо вполнѣ закрывать отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ въ турбины и пускать его непосредственно въ холодильникъ, такъ какъ при значительномъ измѣненіи силы, ступень, на которую слѣдуетъ пустить отработавшій паръ, мѣняется.

При каждой перемѣнѣ скорости и силы, будетъ ли при этомъ перемѣна комбинаціи или нѣтъ, необходимо:

1. Урегулировать снова давленіе или перемѣнить мѣсто впуска въ турбины отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ.

2. Урегулировать скорость вспомогательныхъ механизмовъ, чтобы получить наилучшіе результаты при наиболѣе экономичной скорости, включая, конечно, увеличеніе или уменьшеніе количества отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ.

3. Какъ только положеніе станетъ установившимся, взять новые отсчеты зазоровъ всѣхъ думмисовъ.

Дыхательные клапана могутъ быть закрываемы настолько быстро, насколько быстро можно работать на маховикѣ, но, за исключеніемъ крайнихъ случаевъ, ихъ слѣду-

етъ всегда открывать съ умѣренной скоростью. Эту скорость можно опредѣлить, сказавъ, что это есть приблизительно такая скорость, съ которой человѣкъ не спѣша можетъ управлять маховикомъ умѣренно тугого клапана. Приблизительно, увеличеніе давленія въ любой турбинѣ отъ 0 ℔ до 150 ℔ должно брать отъ 3 до 4 секундъ времени. Теоретически, быстрое измѣненіе температуры въ любой турбинѣ быстрымъ открытіемъ дыхательнаго клапана можетъ дать чрезмѣрныя натяженія отъ расширенія, но, если турбина вполнѣ прогрѣта, опасности отъ этого почти не можетъ быть. Главная помѣха заключается въ томъ, что быстрое открываніе клапана можетъ имѣть слѣдствіемъ увлеченіе воды изъ котловъ, особенно если котлы форсируются или, если уровень воды въ нихъ довольно высокій. Однако, до сихъ поръ еще можно считать открытымъ вопросомъ возможность поврежденія вслѣдствіе увлеченія плотныхъ массъ воды въ турбины. Есть достовѣрные случаи полнаго срыванія лопатокъ вслѣдствіе сильнаго вскипанія, и одинаково достовѣрны случаи, когда сильное вскипаніе не имѣло результатомъ никакого поврежденія. Конечно, лучше всего имѣть сухой паръ и все время уменьшать увлеченіе воды до минимума. При полной силѣ или близко къ ней стремленіе къ вскипанію въ связи съ быстрымъ открываніемъ клапана становится наибольшимъ и по этой причинѣ дыхательный клапанъ Г. В. Д. долженъ быть всегда открываемъ довольно медленно. Между тѣмъ, по мнѣнію автора, въ современной конструкціи турбинъ нѣтъ ничего, что не давало бы возможности управляться ими настолько быстро, насколько можно быстро манипулировать клапанами, если это необходимо въ такихъ случаяхъ, какъ, напримѣръ, минная атака.

Увлеченіе воды, обыкновенно, обнаруживается въ машинномъ отдѣленіи ударами воды въ паровомъ трубопроводѣ, выступаніемъ воды изъ соединеній на главной паровой магистрали, сильными прыжками стрѣлокъ манометровъ и замѣтнымъ уменьшеніемъ скорости хода турбинъ. При чистой водѣ и достаточномъ вниманіи и уходѣ въ котельныхъ отдѣленіяхъ, вскипаніе воды будетъ очень рѣдко.

Было указано, что вслѣдствіе поступленія въ турбины влажнаго пара, экономичность уменьшается, и процентное увеличеніе расхода пара будетъ равно процентному содержанію влаги въ парѣ. Т.-е., если въ турбины идетъ паръ съ $2^0/_0$ влажности, то расходъ пара для той же скорости увеличится на $2^0/_0$. Поэтому, всѣми усиліями надо стремиться внушить кочегарному составу важность поддержанія все время умѣренно низкаго уровня воды и сухого насыщеннаго пара. Это, конечно, не приложимо тамъ, гдѣ употребляется перегрѣтый паръ, но, вообще, чѣмъ болѣе паръ приближается къ перегрѣтому, тѣмъ выше будетъ экономія.

Какъ только все установится въ машинномъ отдѣленіи послѣ съемки съ якоря, требуется нѣкоторый уходъ за масляной системой. Когда давленіе въ магистрали надлежащее, и когда убѣдились, что отъ всѣхъ подшипниковъ стекаетъ въ достаточномъ количествѣ масло, вся система должна быть освидѣтельствована, чтобы быть увѣреннымъ, что нѣтъ пропусковъ. Такая провѣрка уже была сдѣлана при прогрѣваніи, но теперь ее надо повторить. Утечки могутъ быть или въ самой масляной магистрали, или въ концахъ крышекъ подшипниковъ, или въ вертикальныхъ, или горизонтальныхъ соединеніяхъ подшипниковъ. Первый и послѣдній характеръ пропусковъ не серьезны, такъ какъ устраняются перестановкою соединенія или поджатіемъ болтовъ. Другой же родъ утечки, изъ-подъ крышекъ подшипниковъ наружу по валу иногда чрезвычайно трудно остановить, и при нѣкоторыхъ турбинныхъ установкахъ представляетъ серьезный источникъ потерь. Тѣ случаи, когда эти пропуски зависятъ отъ конструкціи самихъ подшипниковъ, были разсмотрѣны въ предыдущей главѣ, такъ что здѣсь объ этомъ упоминается съ цѣлью только показать обращеніе съ ними, если пропуски появятся на ходу, когда нельзя застопорить машину и осмотрѣть подшипникъ.

Такія утечки бываютъ иногда чрезвычайно загадочны. Напримѣръ, на ходу при извѣстныхъ силѣ, скорости валовъ, давленіяхъ пара и т. п. и давленіи масла 5 ℔, у задняго подшипника Г. В. Д. въ 12 ч. 15 м. можетъ внезапно появиться пропускъ, который также внезапно можетъ прекра-

титься въ 12 ч. 45 м., абсолютно безъ всякой внѣшней помощи и измѣненія первоначальныхъ условій. Тотъ же самый подшипникъ можетъ быть непроницаемъ въ теченіе слѣдующихъ 10 часовъ или 15 минутъ, повидимому, безъ всякой зависимости отъ чего-либо, а потомъ снова начать пропускать, хотя не будетъ сдѣлано никакихъ измѣненій въ скорости валовъ и давленіи масла. Кромѣ того, на одномъ изъ двухъ одинаковыхъ по типу судовъ можетъ быть сильная потеря масла, въ то время какъ на другомъ, плавающемъ вмѣстѣ съ нимъ при тѣхъ же условіяхъ, потери масла могутъ быть весьма рѣдки и въ незначительномъ количествѣ. Утечка масла бываетъ, обыкновенно, вслѣдствіе какихъ-либо ненормальностей въ конструкціи подшипника или вслѣдствіе ненормальнаго изнашиванія какой-нибудь его части, но при современныхъ установкахъ бываютъ случаи, когда даже хорошо спроектированные и работающіе при наилучшемъ уходѣ подшипники обнаруживаютъ серьезные пропуски. Побѣги прежде всего замѣчаются по выступанію масла изъ-подъ бронзоваго задерживающаго кольца, установленнаго на концѣ подшипника, и здѣсь требуется разрѣшить вопросъ, какъ остановить или уменьшить такой пропускъ, не останавливая турбинъ и не уменьшая ихъ хода.

Когда найдена утечка, прежде всего надо замѣтить струю масла, выходящаго изъ этого подшипника, и его температуру. Если струя масла нормальна по величинѣ и температурѣ, то можно предположить, что обратныя масляныя трубы чисты и маслу нѣтъ причины задерживаться въ масляныхъ поддонахъ, а подшипникъ работаетъ въ нормальныхъ температурныхъ условіяхъ. Если количество стекающаго отъ подшипника масла оправдываетъ подобную мѣру, то можно вставить ключъ въ регулирующій клапанъ (съ замкомъ) на маслонапорномъ трубопроводѣ и очень медленно и тщательно убавить притокъ масла къ подшипнику. Это требуетъ опыта и пониманія, такъ какъ этимъ находится наивозможно меньшее количество подводимаго масла, которое будетъ вполнѣ смазывать подшипникъ. Послѣ этого самъ подшипникъ долженъ быть часто ощупываемъ рукою и тщательно должны наблюдаться температура и количество сте-

кающаго изъ подшипника масла для того, чтобы быть увѣреннымъ, что притокъ не уменьшенъ до опасной степени. Кранъ, обыкновенно, имѣетъ марки на своей пробкѣ и корпусѣ, показывающія закрытое и открытое положенія, что помогаетъ при регулированіи этимъ краномъ. Если такое малое уменьшеніе притока масла застопориваетъ утечку, тогда необходимо только слѣдить за этимъ подшипникомъ нѣсколько минутъ, пока не опредѣлится, что притокъ масла не слишкомъ малъ. Во время уменьшенія притока масла къ какому-либо подшипнику должно быть замѣчено давленіе масла въ системѣ и, если будетъ происходить уменьшеніе давленія, то тотчасъ же увеличиваютъ притокъ масла къ подшипнику. Это очевидно, такъ какъ открытіе клапана, при которомъ къ подшипнику будетъ итти достаточное количество масла подъ давленіемъ 10 ℔ въ системѣ, не будетъ достаточно, если это давленіе уменьшится до 4 ℔ или 5 ℔.

Эта регулировка притока масла къ самому подшипнику во многихъ случаяхъ уничтожаетъ или уменьшаетъ утечку, но если это не даетъ желаемыхъ результатовъ или, если притокъ масла къ подшипнику уже и безъ того настолько малъ, что далѣе его нельзя уменьшать безопасно, то надо измѣнить температуру подшипника. Вполнѣ основательно повѣрить, что зазоры, черезъ которые выходитъ масло, дѣлаются наибольшими при нѣкоторой температурѣ подшипника и, слѣдовательно, температура масла въ подшипникѣ тоже вліяетъ на пропуски. Это, до нѣкоторой степени, объясняетъ то, что побѣгъ масла, дѣйствительно, останавливается во многихъ случаяхъ измѣненіемъ температуры масла и подшипника. Напримѣръ, если подшипникъ все еще продолжаетъ пропускать масло послѣ того какъ приняты всѣ обыкновенныя мѣры, то можно открыть заливаніе на него или закрыть заливаніе, если оно было ранѣе; въ этомъ случаѣ въ подшипникѣ происходитъ какое-то сложное измѣненіе, которое иногда останавливаетъ пропускъ масла. Иногда пропускъ останавливало остукиваніе верхней крышки подшипника и боковъ маслянаго поддона обыкновеннымъ мѣднымъ молоткомъ. Это кажется сомнительнымъ, но,

вѣроятно, центробѣжное дѣйствіе вала можетъ быть причиною образованія, до нѣкоторой степени, масляныхъ «кармановъ», изъ которыхъ масло можетъ освободиться при дрожаніи всей конструкціи. Иногда подколачиваніе бронзоваго задерживающаго кольца книзу, плотнѣе къ валу останавливаетъ или уменьшаетъ пропускъ и, поэтому, дыры для болтовъ, которыми они крѣпятся къ подшипнику, обыкновенно, дѣлаются слегка продолговатыми, такъ что кольцо можетъ быть придвинуто плотнѣе къ валу ударами по его наружной кромкѣ. На нѣкоторыхъ миноносцахъ задніе подшипники линій валовъ включены въ трубопроводъ форсированной смазки, и при большихъ скоростяхъ корма судна просѣдаетъ настолько, что трубопроводъ обратнаго масла получаетъ подъемъ къ систернѣ и въ этихъ случаяхъ, обыкновенно, бываютъ пропуски масла изъ подшипниковъ. На новыхъ миноносцахъ это предотвращено снабженіемъ подшипниковъ линіи валовъ самосмазывающими кольцевыми лубрикаторами такого типа, какъ у динамо-машинъ. Подшипники, смазываемые этими кольцевыми масленками, послѣ нѣсколькихъ минутъ хода нагрѣваются сравнительно до высокой температуры, что можетъ казаться опаснымъ для неопытнаго человѣка, но на самомъ дѣлѣ, послѣ того какъ подшипники пріобрѣтутъ эту высокую температуру, лубрикаторы поддерживаютъ ихъ все время вполнѣ смазанными.

Температура подшипниковъ. По современнымъ даннымъ въ печати безопасною температурою турбинныхъ подшипниковъ считаютъ температуру отъ 49° до 71° С. Но эти цифры подходятъ болѣе къ береговымъ установкамъ, а для морскихъ турбинъ на практикѣ онѣ гораздо ниже. При довольно производительномъ маслоохладителѣ и среднемъ состояніи погоды, температура масла всегда будетъ находиться въ предѣлахъ между 38° и 49° С, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ даже ниже первой цифры. Если температура подшипника постепенно повышается до 60° или 66°, но все время остается такою, т. е. 60° будетъ его ходовая температура, то для подшипника вполнѣ безопасно работать при этой высокой температурѣ. Фактически, въ службѣ на современныхъ установкахъ всякая температура свыше 55° счи-

тается ненормальною, а поэтому, или сразу должна быть устранена причина увеличенія температуры, или уменьшена скорость вала. При крейсерскихъ скоростяхъ и нормальныхъ условіяхъ температура подшипниковъ обыкновенно бываетъ между 32° и 38°; эта температура никогда не измѣняется сильно съ увеличеніемъ силы, хотя, конечно, она будетъ немного выше при ходѣ большой скоростью. Но это положеніе не всегда справедливо, такъ какъ часто случается, что нѣкоторые подшипники, которые работали довольно теплыми при крейсерскихъ скоростяхъ, становятся холоднѣе на нѣсколько градусовъ по мѣрѣ увеличенія силы почти до полной. Всякій подшипникъ, который имѣетъ температуру свыше 43°, нуждается въ тщательномъ наблюденіи и всякое повышеніе температуры свыше 49° должно всегда считаться серьезнымъ. Свѣдѣнія относительно температуръ подшипниковъ и ожидаемыхъ измѣненій при различныхъ условіяхъ составляютъ въ широкой степени предметъ опыта со всякой данной установкой и не можетъ быть приведено никакихъ постоянныхъ правилъ или температуръ для всѣхъ случаевъ; но въ небольшой срокъ механикъ точно будетъ знать, какія температуры всѣхъ главныхъ подшипниковъ считать нормальными при любой температурѣ масла, выходящаго изъ охладителя. Изъ двухъ, расположенныхъ рядомъ, подшипниковъ, одинаково пригнанныхъ, несущихъ одну и ту же нагрузку и получающихъ одно и то же масло, одинъ можетъ всегда работать при температурѣ на 6° — 8° выше чѣмъ другой. Одна изъ причинъ этого заключается въ томъ, что многіе подшипники находятся подъ дѣйствіемъ теплоты пара, выходящаго изъ сальниковъ, и вслѣдствіе условій циркуляціи воздуха въ машинномъ отдѣленіи одинъ подшипникъ можетъ быть нагрѣтъ больше, чѣмъ другой.

Вскорѣ, сравнительно, послѣ сдачи механизмовъ, всѣ ожидаемыя температуры будутъ извѣстны машинному составу и, зная температуру циркуляціонной воды и предполагаемыя скорость и комбинацію, почти каждый человѣкъ въ машинномъ отдѣленіи будетъ въ силахъ сказать почти точно ожидаемую температуру каждаго подшипника. Вслѣдствіе этого свойства установки, легко обнаруживается всякая ненор-

мальность въ любомъ подшипникѣ. Должно запомнить, что при турбинахъ нѣтъ мѣста термину «теплые подшипники». Они или нормально холодны или опасно горячи. Было сказано однимъ авторитетомъ по турбинамъ, что турбинные подшипники или вполнѣ исправны или вполнѣ не исправны. Истина этого положенія почти всегда подтверждается на практикѣ. Температура турбинныхъ подшипниковъ, обыкновенно, никогда не поднимается медленно до опасной, какъ у подшипниковъ поршневыхъ машинъ (это не приложимо къ поршневой машинѣ съ форсированной смазкой). Турбинный подшипникъ работаетъ нормально при 43°, но когда что-нибудь станетъ ненормальнымъ, температура внезапно и быстро поднимется до 49°, а потомъ, возможно, что и до 60° и 66° тоже мгновенно и иногда настолько быстро, что ничего нельзя успѣть предпринять. По этой причинѣ подшипники требуютъ постояннаго наблюденія и большинство изъ нихъ быстраго принятія мѣръ, если произойдетъ поврежденіе. Если установка правильная, безпокойство отъ подшипниковъ будетъ чрезвычайно рѣдко и по этой причинѣ бываетъ иногда стремленіе облегчить работу по наблюденію за подшипниками. Хотя неисправности бываютъ рѣдко, но надо быстро принимать мѣры, если это случится. Подшипники турбины могутъ нагрѣться отъ слѣдующихъ причинъ:

1. Неисправность въ подачѣ масла. Это можетъ быть при остановкѣ помпы, при закупориваніи части трубопровода и т. д. Обыкновенно, такое положеніе указывается смотровыми стеклами на сточной магистрали, но въ дополненіе къ этимъ смотровымъ стекламъ, каждый подшипникъ обыкновенно снабжается пробнымъ краномъ въ серединѣ его верхней крышки, посредствомъ котораго можно убѣдиться въ количествѣ и давленіи масла.

2. Присутствіе въ маслѣ грязи, песку и другихъ постороннихъ веществъ.

3. Плохое масло; масло, содержащее большое количество воды; слишкомъ густое масло, чтобы течь надлежащимъ образомъ черезъ подшипники; или масло, употреблявшееся многократно, пока не пропали его смазывающія свойства.

4. Подшипники, пригнанные слишкомъ плотно къ валу или, вслѣдствіе плохой пригонки, захватывающіе боками.

5. Обращаясь къ чертежу 12 видимъ, что мѣста A′ на срѣзахъ верхняго или нижняго вкладыша могутъ подходить слишкомъ близко къ соотвѣтствующимъ заплечикамъ B′ на самомъ валу, такъ что легкое движеніе ротора въ продольномъ направленіи вслѣдствіи измѣненій силы, а слѣдовательно и зазора въ думмисахъ, можетъ возбудить треніе въ этихъ мѣстахъ. Какъ видно, эти мѣста находятся внѣ дѣйствительной области смазки подшипника и отъ тренія мѣди по стали эти концы подшипника быстро нагрѣются. Обыкновенно, этого не бываетъ при рабочихъ подшипникахъ, но часто случается, когда ставятся на мѣсто запасные верхніе или нижніе вкладыши, не достаточно обработанные на станкѣ для обезпеченія необходимаго зазора въ этихъ мѣстахъ.

Первая изъ этихъ причинъ нагрѣва подшипниковъ можетъ быть предупреждена непосредственнымъ тщательнымъ наблюденіемъ за притокомъ масла къ подшипникамъ и за выходомъ изъ нихъ. Вторая причина наиболѣе рѣдкая при форсированной смазкѣ, но, если такой нагрѣвъ произойдетъ, то онъ, обыкновенно, характеризуется подъемомъ температуры всѣхъ подшипниковъ, а не какого-нибудь одного, потому что всѣ подшипники получаютъ то же самое масло или, вѣрнѣе, масло, которое принимается помпами изъ одного и того же источника. Если найдено, что всѣ подшипники имѣютъ слишкомъ большую температуру, а маслоохладитель работаетъ вполнѣ исправно и нагрѣвъ не можетъ происходить отъ этого, то немедленно надо осмотрѣть масляный фильтръ, перейдя сначала на другую масляную помпу, а потомъ приступая къ тщательному освидѣтельствованію дѣйствовавшаго фильтра. Частицы песку или другихъ постороннихъ тѣлъ, находящіяся въ маслѣ улавливаются часто фильтрами и освидѣтельствованіе этихъ деталей можетъ указать причину неисправности.

Весьма часто нагрѣвъ подшипниковъ бываетъ по третьей причинѣ, т.-е. вслѣдствіи плохого масла. Послѣдняя причина нагрѣва подшипниковъ, вслѣдствіи слишкомъ плотно или плохо пригнанныхъ подшипниковъ, наиболѣе часта въ но-

выхъ установкахъ или иногда при поспѣшной установкѣ запасныхъ подшипниковъ. Неисправность всегда можетъ быть устранена пригонкою вновь. Чтобы устранить всякую возможность нагрѣва подшипника отъ тренія между срѣзомъ подшипника и заплечикомъ вала, слѣдуетъ съ торцевыхъ сторонъ новаго бронзоваго подшипника при пригонкѣ его на мѣсто снимать отъ $^1/_{16}''$ до $^1/_8''$ металла.

Эти общія причины нагрѣванія главныхъ подшипниковъ приложимы также и къ упорнымъ подшипникамъ со слѣдующими добавленіями:

1. Плохой слоистый металлъ упорныхъ колецъ.

2. Чрезмѣрное аксіальное давленіе въ обоихъ направленіяхъ.

3. Не одинаково тщательно пригнаны всѣ упорныя кольца и нѣкоторыя изъ нихъ принимаютъ нѣсколько больше своей нормальной частичной нагрузки.

4. Недостаточный зазоръ для «маслянаго слоя».

Когда турбинныя военныя суда были впервые построены въ этой странѣ, то для колецъ упорныхъ подшипниковъ былъ примѣненъ обыкновенный антифрикціонный металлъ, но скоро нашли, что при большой скорости валовъ требуется металлъ другого состава, въ которомъ цинкъ долженъ быть замѣненъ свинцомъ. Можно считать достовѣрнымъ, что, если упорныя кольца для высокой скорости турбинныхъ установокъ содержатъ хоть сколько-нибудь цинка, то онѣ когда-либо, но непремѣнно принесутъ безпокойство. Цинковый металлъ затягивается даже при самыхъ низкихъ скоростяхъ, не давая никакихъ замѣтныхъ указаній снаружи, пока подшипникъ сильно не загорится. Часто случалось на первыхъ турбинныхъ судахъ, что металлъ упорнаго подшипника настолько плохъ, что долженъ быть вполнѣ перемѣненъ и первоначальный свинцовый металлъ былъ замѣненъ болѣе твердымъ. Гдѣ еще имѣется старый типъ упорныхъ колецъ, будетъ выгодно замѣнить насколько возможно скорѣе металлъ колецъ послѣднимъ улучшеннымъ матеріаломъ. Наиболѣе рѣзкій примѣръ чрезмѣрнаго аксіальнаго давленія, обыкновенно, бываетъ при употребленіи К. С. Д. комбинаціи близко къ ея верхнему предѣлу (въ трехвальныхъ установкахъ).

Напримѣръ, на миноносцѣ, идущемъ со скоростью около 25 узловъ при К. С. Д. комбинаціи съ давленіемъ 225 ℔ во впускномъ пролетѣ этой турбины валъ праваго борта дѣлаетъ около 650 оборотовъ въ минуту, и аксіальное давленіе винта при этой скорости на этомъ валу направлено впередъ. Въ правой турбинѣ Н. Д. вслѣдствіи паденія давленія съ 8 ℔ или 10 ℔ до—13 ℔ или—14 ℔ развивается среднее аксіальное давленіе, направленное въ противоположную сторону. Турбина же К. С. Д., какъ было объяснено выше, не даетъ валамъ никакого аксіальнаго давленія. Если для той же скорости употребляется Г. В. Д. комбинація, то, направленное впередъ, аксіальное давленіе остается то же самое, такъ какъ валъ будетъ дѣлать почти то же самое число оборотовъ, но начальное давленіе въ П. Н. Д. турбинѣ увеличится отъ 8 ℔ или 10 ℔ до 20 ℔ или 30 ℔, увеличивъ этимъ аксіальное давленіе, направленное назадъ и стремясь привести аксіальныя давленія ближе къ компенсаціи. На нѣкоторыхъ судахъ по этой причинѣ невозможно употреблять К. С. Д. комбинацію близко къ ея верхнему предѣлу и всякая попытка употреблять эту турбину при болѣе высокихъ скоростяхъ почти всегда имѣетъ результатомъ сожженный упорный подшипникъ; для любой же скорости выше той, которая получается при давленіи отъ 175 ℔ до 200 ℔ на К. С. Д. комбинаціи, должна употребляться Г. В. Д. комбинація. Потеря въ экономіи въ этомъ случаѣ будетъ, вѣроятно, незначительная.

Въ дѣйствительной службѣ часто случалось, что любое чрезмѣрное нагрѣваніе упорнаго подшипника, или вслѣдствіи плохого металла, или вслѣдствіи плохой пригонки, или отъ какой-либо другой причины, уменьшали на остальной части перехода такой перемѣной работающей комбинаціи, чтобы дать болѣе легкую нагрузку на грѣющійся подшипникъ. Посредствомъ такой регулировки давленій въ турбинахъ и, слѣдовательно, аксіальныхъ давленій на валахъ, дѣйствительная нагрузка на упорный подшипникъ можетъ быть уменьшена, не уменьшая скорости судна. Во всякомъ случаѣ, при трехвальной установкѣ упорный подшипникъ П. Н. Д. будетъ всегда нуждаться въ тщательномъ наблюденіи при

ходѣ на К. С. Д. комбинаціи. Въ связи съ этимъ надо запомнить, что ощупываніе верхней крышки упорнаго подшипника даетъ малое указаніе о состояніи нижней половины подшипника и потому этотъ способъ имѣетъ очень малую цѣнность при опредѣленіи температуры подшипника. Нижняя половина подшипника вполнѣ заключена въ большой масляный поддонъ и, такъ какъ эта половина подшипника принимаетъ излишекъ аксіальнаго давленія отъ винта, то она можетъ быть нагрѣта до опасной степени въ то время, какъ верхняя крышка на ощупь будетъ нормальной температуры. По той же самой причинѣ употребленіе заливанія водою упорныхъ подшипниковъ имѣетъ небольшой охлаждающій эффектъ на нижнія половинки.

Охлажденіе подшипниковъ водою. Трубопроводъ заливанія водою, обыкновенно, отвѣтвленный отъ магистрали циркуляціонной воды маслоохладителя, устанавливается на большинствѣ судовъ, но, если по какой-либо причинѣ онъ не былъ установленъ первоначально, то можетъ быть быстро сдѣланъ судовыми средствами. Заливаніе водою употребляется или въ крайнихъ случаяхъ, или какъ предосторожность при ходѣ большою скоростью, или когда температура воды въ маслоохладителѣ чрезмѣрно высока. Вообще, трюмы турбинныхъ машинныхъ отдѣленій не особенно доступны для очистки и, чѣмъ меньше соленой воды съ подшипниковъ будетъ попадать въ трюмъ, тѣмъ меньше работы будетъ по очисткѣ ржавчины. На одномъ суднѣ было установлено, что прикрываніемъ части масляной трубы къ подшипнику губкой изъ люфы и грубымъ холстомъ и пускомъ воды на эту обшивку, температура подшипника понижалась болѣе чѣмъ при пускѣ воды непосредственно на подшипникъ изъ трубопровода заливанія.

Суммируя все сказанное, видимъ, что горячій или даже теплый подшипникъ въ турбинной установкѣ даетъ указаніе, что въ этомъ подшипникѣ существуетъ какая-то ненормальность и къ устраненію ея должны быть немедленно приняты мѣры. Скорость валовъ должна быть немедленно уменьшена, притокъ масла увеличенъ, пущено заливаніе водою, если подшипникъ не слишкомъ горячъ, и потомъ

необходимо искать причины нагрѣва. Если эта причина найдена внѣ подшипника и устранена, тогда будетъ безопасно опять увеличить скорость, если нѣтъ указаній, что подшипникъ поврежденъ. Если не найдено никакой причины, лучше всего будетъ постепенно подойти къ скорости, поддерживая увеличенное давленіе масла, пока не будетъ увѣренности, что подшипникъ опять работаетъ холоднымъ Если онъ все еще продолжаетъ грѣться, то недостатокъ заключается въ немъ самомъ и послѣ разборки неисправность будетъ, вѣроятно, очевидна. Въ случаѣ главнаго подшипника, необходимо или итти безъ этого вала въ теченіе времени, потребнаго для пересмотра подшипника и, если надо, пригонки запасныхъ частей, или итти малой скоростью до какого-либо якорнаго мѣста. Если безпокойство причиняетъ подшипникъ крейсерской турбины, то, безъ сомнѣнія, эта турбина можетъ быть быстро и удобно разъединена, а ходъ можно продолжать при Г. В. Д. комбинаціи. Какъ было упомянуто выше, въ случаѣ нагрѣва упорнаго подшипника иногда возможно манипулировать комбинаціями, такъ какъ та же самая скорость можетъ быть получена на одной изъ другихъ комбинацій съ давленіями въ турбинахъ, регулированными такъ, чтобы уменьшить нагрузку на неисправный упорный подшипникъ. Надо запомнить, что водяное охлажденіе, даже теплаго подшипника, должно примѣняться съ осторожностью, такъ какъ литой чугунный фланецъ верхней крышки подшипника, кромѣ полученія тепла отъ самого подшипника, обыкновенно, чрезмѣрно горячъ на одномъ концѣ отъ прилежащаго сальника. Холодная вода, пущенная сразу, можетъ быть причиною трещины крышки, и хотя эта трещина и не опасна, но она образуетъ отверстіе, изъ котораго можетъ вытекать большое количество масла.

Вахтенный машинный журналъ. Журналы турбинныхъ машинныхъ отдѣленій, обыкновенно, болѣе сложны чѣмъ журналы при поршневыхъ машинахъ, потому что при турбинныхъ механизмахъ должны быть записаны показанія бо̀льшаго количества манометровъ, термометровъ и т. п. Обыкновенно, начерно журналъ составляется для каждыхъ

24 часовъ на одномъ большомъ листѣ. Все приводится въ гладкую удобную форму и данныя записываются въ разлинованныхъ графахъ на одной сторонѣ листа, а примѣчанія на другой. Главныя данныя, записываемыя каждый часъ, слѣдующія:

1. Время.
2. Показанія всѣхъ счетчиковъ оборотовъ.
3. Среднее число оборотовъ въ 1 минуту каждаго вала.
4. Среднее число оборотовъ всѣхъ валовъ.
5. Давленіе пара для главныхъ и вспомогательныхъ механизмовъ.
6. Давленіе или пустота въ паровыхъ пролетахъ всѣхъ турбинъ, включая турбины задняго хода.
7. Число оборотовъ въ минуту или число ходовъ всѣхъ вспомогательныхъ механизмовъ, какъ обыкновенно.
8. Пустота въ холодильникахъ лѣваго и праваго бортовъ.
9. Давленіе отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ.
10. Температура входящей и выходящей циркуляціонной воды.
11. Температура воды, отливаемой воздушнымъ насосомъ.
12. Температура масла до охладителя.
13. Температура масла по выходѣ изъ охладителя.
14. Температура масла, выходящаго изъ наиболѣе горячаго подшипника.
15. Количество масла, впущеннаго въ отстойную систерну.
16. Обычныя котельныя данныя.
17. Зазоры въ думмисахъ (разъ въ вахту).

Аккуратно содержимый журналъ этой формы составляетъ наиболѣе цѣнный документъ и всѣми мѣрами надо требовать тщательной записи всѣхъ необходимыхъ данныхъ. Напримѣръ, если при любой данной скорости судна и температурѣ входящей циркуляціонной воды имѣются показанія всѣхъ термометровъ на сточныхъ трубахъ масла, то прошлыя записи быстро укажутъ ненормальное нагрѣваніе въ любомъ подшипникѣ. На такомъ же основаніи, обычно, ожидаются извѣстныя нормальныя давленія во всѣхъ паровыхъ пролетахъ всѣхъ турбинъ при извѣстномъ начальномъ

давленіи въ любой изъ нихъ. Обращеніе къ прошлымъ записямъ покажетъ сразу, если когда-либо для производства извѣстной скорости потребуется давленіе больше нормальнаго. На самомъ дѣлѣ, запись давленій при различныхъ скоростяхъ представляетъ одно изъ наилучшихъ возможныхъ указаній внутренняго состоянія турбины.

Малый ходъ. При плаваніи малымъ ходомъ усилія состава машиннаго отдѣленія прежде всего должны быть направлены къ быстрому достиженію нормальныхъ давленій, пустоты и другихъ показаній въ машинномъ отдѣленіи, а потомъ уже слѣдуетъ замедлять ходъ вспомогательныхъ механизмовъ до скорости необходимой для поддержанія этихъ условій. Когда все установится, то, обыкновенно, будетъ оставаться такимъ остальную часть пути, независимо отъ того, будетъ ли онъ считаться днями или часами. По разъ заведенной привычкѣ надо вести журналъ, регулировать начальныя давленія въ турбинахъ для правильнаго числа оборотовъ, наблюдать за состояніемъ подшипниковъ и записывать зазоры въ думмисахъ одинъ разъ за каждую вахту. При этихъ условіяхъ возможно плавать часами, не дотрагиваясь ни до одного клапана въ машинномъ отдѣленіи. Вся работа и спѣшка при турбинной установкѣ бываетъ только при приготовленіи турбинъ къ дѣйствію и при съемкѣ съ якоря; на ходу же все сводится къ обычной рутинѣ. На ходу судна, въ турбинномъ машинномъ отдѣленіи все становится чрезмѣрно тихимъ и спокойнымъ настолько, что клонитъ иногда къ значительной безиечности часть команды, такъ какъ буквально ничто не призываетъ ее къ работѣ.

Полный ходъ. Ни въ одномъ случаѣ турбина не доказываетъ такъ ясно своихъ преимуществъ передъ поршневою машиной, какъ при полной силѣ или близко къ ней. Полный ходъ не вызываетъ увеличенія состава машиннаго отдѣленія и работа для него не будетъ тяжелѣе, чѣмъ при крейсированіи со скоростью 8 узловъ. Для небольшихъ пробѣговъ полнымъ ходомъ, скажемъ, отъ 8 до 12 часовъ будетъ, обыкновенно, хорошо разъединить крейсерскія турбины и оставить ихъ стоять неподвижно. Это не такъ важно въ смыслѣ того, что для вращенія ихъ въ пустотѣ тре-

буется излишнее усиліе, такъ какъ вентиляціонная и фрикціонная потери въ этомъ случаѣ слишкомъ малы; но въ томъ случаѣ, если эти турбины разъединены, можно вполнѣ выключить притокъ масла къ ихъ подшипникамъ и этимъ уменьшить количество подшипниковъ, за которыми требуется наблюденіе. Кромѣ того, возможное число мѣстъ побѣговъ масла уменьшается на это число подшипниковъ и все масло подводится къ тѣмъ подшипникамъ, которые въ этомъ наиболѣе нуждаются.

При разъединенныхъ крейсерскихъ турбинахъ возможно сберечь паръ, потребный для упаковки ихъ четырехъ сальниковъ, и употребить его съ нѣкоторой выгодой на послѣднихъ ступеняхъ расширенія турбины Н. Д.; это, конечно, малая статья, но прибавляетъ, такъ сказать, свою долю къ экономіи на продолжительномъ переходѣ. Такимъ образомъ выполняется слѣдующее: дыхательные клапана К. В. Д. и К. С. Д. закрываются плотно. Они, обыкновенно, слегка пропускаютъ, но надо стремиться закрыть ихъ насколько возможно плотнѣе. Закрыть плотно также невозвратный клапанъ между Г. В. Д. и К. С. Д. турбинами. На паровомъ трубопроводѣ сальниковъ имѣется клапанъ, которымъ можно изолировать сальники крейсерскихъ турбинъ отъ остальной части системы. Этотъ клапанъ закрывается, а также закрываются всѣ продувательные краны крейсерскихъ турбинъ. Манометры этихъ турбинъ должны теперь показывать около 0 ℔ давленія, но отъ времени до времени за ними надо наблюдать, чтобы быть увѣреннымъ, что это давленіе остается почти постояннымъ. Если вслѣдствіи пропусковъ дыхательнаго клапана, или пропуска обратно изъ Г. В. Д. въ К. С. Д. турбину эти манометры начинаютъ показывать 4 ℔ или 5 ℔ давленія, то можно открыть на нѣсколько секундъ продуваніе этихъ турбинъ, пока давленіе не упадетъ до 0 ℔. Сбереженіе пара и уменьшеніе числа подшипниковъ, требующихъ наблюденія, суть главныя причины разобщенія крейсерскихъ турбинъ, а вмѣстѣ съ уничтоженіемъ небольшого тормозящаго дѣйствія этихъ турбинъ при вращеніи ихъ при маломъ давленіи получается, по крайней мѣрѣ, замѣтная выгода въ силѣ. Въ томъ случаѣ, если

ожидается, что судно будетъ итти нѣкоторое время сравнительно большимъ ходомъ, наиболѣе безопасно держать крейсерскія турбины сообщенными, такъ какъ всегда возможно, что можетъ произойти нѣкоторое ненормальное изнашиваніе главныхъ турбинныхъ подшипниковъ, такъ что, когда приходится соединять турбины опять, центра крейсерскихъ турбинъ могутъ не совпасть съ центрами главныхъ турбинъ.

Если, при ходѣ полною силою, циркуляціонная вода маслоохладителя довольно теплая, полезно будетъ дать воду на всѣ подшипники при пускѣ машинъ въ ходъ и держать ее до конца перехода, такъ какъ это будетъ понижать температуру масла приблизительно на 1,5° или 2,5° и гораздо легче поддерживать массу масла холодною съ самаго начала, чѣмъ охлаждать ее, когда она нагрѣется. Вліяніе 1,5° или 2,5° можетъ быть цѣнно для личнаго состава, такъ какъ даже эта небольшая величина можетъ быть какъ разъ разницею между температурами подшипника, работающаго холоднымъ и тѣмъ, который можетъ причинить мученіе, когда онъ начнетъ грѣться. При болѣе высокихъ силахъ, по упомянутой выше причинѣ, должны работать обѣ масляныя помпы, вслѣдствіе чего часть масла перепускается черезъ пружинный клапанъ и опять прогоняется черезъ охладитель, а отъ этого увеличивается производительность охладителя. Въ случаѣ поломки одной помпы или внезапнаго «заѣданія» ея, другая можетъ безопасно поддерживать нагрузку безъ необходимости временно застопоривать машины. Кромѣ небольшого излишняго усилія по наблюденію за подшипниками, большей аккуратности въ управленіи питательной водой и пополненіемъ ея, чтобы предупредить перетеканіе изъ систеренъ и какъ слѣдствіе потерю воды, и увеличеннаго вниманія по отношенію къ вспомогательнымъ механизмамъ, потому что они должны работать большимъ ходомъ, плаваніе при полной силѣ не требуетъ большихъ усилій, чѣмъ крейсированіе при 10 узлахъ. Всякій, кто былъ при сдачѣ на старыхъ истребителяхъ и стоялъ по колѣна въ брызгахъ воды и масла въ машинномъ отдѣленіи, наполненномъ синимъ газомъ отъ горящаго масла, оцѣнитъ преимущества турбинъ.

Манометры. Всякій, представляющійся удобный случай долженъ быть использованъ для испытанія и исправленія всѣхъ манометровъ и вакуметровъ, такъ какъ современное управленіе турбинами основывается почти всецѣло на давленіяхъ, а пружинные манометры, какъ извѣстно, подвержены порчѣ.

Давленіе пара въ сальникахъ. На ходу давленіе пара въ сальникахъ регулируется главнымъ образомъ по внѣшнему виду струи пара, просачивающагося въ атмосферу изъ сальниковъ; это указаніе предпочитаютъ указаніямъ манометра на трубопроводѣ къ сальникамъ. Небольшой же опытъ дастъ возможность опредѣлить, какое количество пара должно выходить наружу при различныхъ условіяхъ.

Остановка турбинъ послѣ перехода. По полученіи приказанія въ машинное отдѣленіе, что машины больше не нужны, исполняется слѣдующее:

1. О прекращеніи хода своевременно извѣщаютъ котельныя отдѣленія для того, чтобы кочегары могли привести огонь въ такое положеніе, при которомъ можно закрывать стопорные клапана. Это особенно важно въ томъ случаѣ, если непосредственно передъ остановкою, какъ это часто бываетъ, было маневрированіе, при которомъ, обыкновенно, бываетъ сравнительно сильный огонь, и надо дать значительное время, чтобы онъ могъ прогорѣть, прежде чѣмъ закрывать котельные стопорные клапана. Если огонь въ такомъ положеніи, то во многихъ случаяхъ машинная команда можетъ существенно помочь въ распредѣленіи излишняго пара или немедленнымъ пускомъ въ ходъ испарителей, если они еще не въ дѣйствіи или поперемѣннымъ открываніемъ маневрирующихъ клапановъ къ турбинамъ передняго и задняго хода, проворачивая ихъ только на нѣсколько оборотовъ въ каждомъ направленіи. Такимъ образомъ можетъ быть предупрежденъ подъемъ предохранительныхъ капланов и не надо будетъ употреблять безшумное травленіе и пускать это количество горячаго пара непосредственно въ холодильникъ, такъ какъ упомянутое употребленіе маневрирующихъ клапановъ не даетъ судну никакого хода, а даетъ

возможность постепенно падать давленію, а слѣдовательно и температурѣ отъ патрубка до холодильника.

2. Когда машины застопорены, то давленіе масла можетъ быть уменьшено, но масляные насосы должны работать и поддерживать необходимое давленіе въ магистрали для надлежащей смазки вентиляторовъ (если они включены въ эту масляную систему), пока они не остановлены.

3. Ходъ воздушныхъ насосовъ замедляется, пока не установится пустота отъ 10″ до 12″, и эта пустота поддерживается въ теченіе 2-хъ или 3 часовъ.

4. Закрывается паръ къ сальникамъ, закрывъ сначала соединеніе съ магистралью отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ; по прошествіи достаточнаго времени, что можно быть увѣреннымъ, что полости сальниковъ свободны отъ пара и воды, закрывается спускное соединеніе въ холодильникъ.

5. Какъ только огонь будетъ въ такомъ положеніи, что можно закрыть стопорные клапана котловъ, они закрываются и открывается все продуваніе дыхательныхъ клапановъ и патрубка для того, чтобы вся паровая магистраль отъ стопорныхъ клапановъ котловъ до турбинъ, включая патрубокъ, была хорошо продута и свободна отъ пара и воды. Циркуляціонныя помпы поддерживаются работающими при сравнительно высокой скорости, потому что турбины Н. Д. сохраняютъ теплоту въ теченіи 2 или 3 часовъ послѣ того, какъ онѣ остановлены и потребуется значительное количество циркуляціонной воды для поддержанія холодильниковъ холодными. По крайней мѣрѣ, въ теченіе 2-хъ часовъ послѣ того, какъ турбины стали не нужны, воздушные насосы должны работать при такой скорости, какая даетъ пустоту отъ 10″ до 12″ и такъ какъ сальники не упакованы паромъ, то черезъ турбины будетъ проходить токъ воздуха изъ сальниковъ въ холодильники черезъ выпускные патрубки и продуваніе, что помогаетъ осушенію турбинъ и существенно уменьшаетъ возможное ржавленіе. На нѣкоторыхъ установкахъ устроены спеціальные, такъ называемые, осушительные клапана для усиленія циркуляціи воздуха; если они установлены, то въ это время ими надо пользо-

ваться. На нѣкоторыхъ установкахъ, гдѣ роторы почти горизонтальны, устроены сточныя дырочки въ различныхъ частяхъ ротора, а на валу сдѣлана соотвѣтственная марка для показанія того положенія ротора, при которомъ эти дырочки будутъ внизу. Валъ поворачивается такъ, чтобы эта марка была внизу и вода, которая могла собраться во внутренности ротора, выходитъ въ эти стоки и, такимъ образомъ, удаляется изъ турбины. При большинствѣ же малыхъ установокъ роторы имѣютъ достаточный уклонъ, вслѣдствіи уклона валовъ отъ горизонтальной линіи, и это обезпечиваетъ спускъ всей воды изъ ихъ внутреннихъ полостей. Когда извѣстно, что турбины достаточно осушены и охлаждены, что можно прекратить работу холодильниковъ, воздушные насосы, циркуляціонныя помпы и холодильники останавливаются, перекрывая отработавшій паръ отъ вспомогательныхъ механизмовъ во вспомогательный холодильникъ. Вода изъ трюма выкачивается и машинное отдѣленіе убирается.

Уходъ за турбинами въ порту. Обычно практикуется проворачиваніе всѣхъ вспомогательныхъ механизмовъ каждый день. Масляныя помпы пускаются въ ходъ, масло пускается въ магистраль подъ давленіемъ 5 ℔ или 6 ℔ и каждый валъ проворачивается приводомъ отъ $^1/_4$ до $^1/_3$ оборота каждый день, въ то время какъ подшипники находятся подъ давленіемъ масла. Роторы, такимъ образомъ, оставляются провернутыми на $^1/_3$ до $^1/_4$ оборота впередъ сравнительно съ положеніемъ предыдущаго дня.

Если масляная магистраль подвергается давленію каждый день, то масло будетъ оставаться въ масляныхъ поддонахъ и подшипникахъ, а не будетъ вытекать обратно въ отстойную систерну и, если масляная магистраль довольно воздухонепроницаема, то масло, содержащееся въ масляной системѣ, уменьшаетъ образованіе ржавчины на валахъ, ихъ кольцахъ и на стѣнкахъ и днищахъ масляныхъ поддоновъ. До пуска въ ходъ масляныхъ насосовъ, отстойная систерна каждый день должна быть продуваема отъ всей воды и густого тяжелаго масла, осѣвшаго на дно вмѣстѣ съ водою.

Хорошо пускать ежедневно воздушные насосы минутъ на 20 или $^1/_2$ часа, держа все продуваніе открытымъ и под-

держивая пустоту отъ 10″ до 12″ во всей системѣ турбинъ. Токъ воздуха, произведенный этимъ, поддерживаетъ турбины вполнѣ сухими и уменьшаетъ разъѣданіе и ржавленіе.

Глава XIII.

Маневрирующая комбинація.

Въ различныхъ мѣстахъ предыдущихъ главъ этой книги упоминалось, вообще, о маневрирующей комбинаціи. Но этотъ предметъ настолько важенъ, не только для тѣхъ, кто непосредственно управляетъ турбинами въ машинномъ отдѣленіи, но также и для управляющихъ судномъ съ мостика, что этому вопросу отводится настоящая глава, которая представляетъ собою переработку нѣкоторыхъ вопросовъ по этому предмету, разобранныхъ ранѣе въ различныхъ мѣстахъ. Ясно, что палубные офицеры должны такъ же хорошо, какъ и составъ машиннаго отдѣленія, знать, что такое маневрирующая комбинація и когда и какъ она должна быть употребляема, чтобы обезпечить быстрое и экономичное маневрированіе судна. Это не значитъ, что управленіе турбиннымъ судномъ есть искусство или оно почему-либо трудно и сложно, или оно требуетъ экстраординарныхъ способностей и знанія. Это надо понимать такъ: если офицеръ, который управляетъ телеграфами съ мостика, имѣетъ ясное представленіе о томъ, что происходитъ въ машинномъ отдѣленіи и, если составъ машиннаго отдѣленія исполняетъ точно его сигналы, то необходимые результаты будутъ достигнуты при минимальномъ трудѣ въ машинномъ отдѣленіи, минимальномъ расходѣ горючаго и наименьшемъ возможномъ изнашиваніи всей установки. Въ противоположность этому, если человѣкъ на мостикѣ не знаетъ и не стремится узнать своихъ механизмовъ, то онъ можетъ причинить больше безпокойства и мученій въ машинномъ отдѣленіи чѣмъ невѣжественный старшій механикъ.

Умѣнье надлежащимъ образомъ маневрировать турбиннымъ судномъ пріобрѣтается опытомъ, и теперь исчезло много первоначальныхъ сомнѣній и невѣжества по этому предмету. Но можетъ показаться страннымъ, что еще до сихъ поръ находятся моряки, которые увѣрены, что турбинное судно не можетъ итти заднимъ ходомъ или, что оно не можетъ передвигаться впередъ малымъ ходомъ. Такихъ людей, къ счастью, становится все меньше и меньше, но до сихъ поръ еще есть много людей, которые абсолютно увѣрены, что турбинное судно не можетъ маневрировать такъ же хорошо, какъ подобное судно съ поршневыми машинами. Такое повѣрье—чистая безсмыслица и эти толки и слухи были распространяемы при появленіи «Turbinia» и первыхъ двухъ или трехъ другихъ турбинныхъ судовъ. Нѣкоторыя изъ такихъ первыхъ судовъ были снабжены слишкомъ малыми и слабыми турбинами задняго хода, но этотъ недостатокъ былъ потомъ быстро устраненъ. Конечно, нѣкоторыя изъ современныхъ турбинныхъ судовъ могутъ маневрировать гораздо лучше чѣмъ другія, но это происходитъ потому, что вообще двухвинтовыя суда маневрируютъ лучше чѣмъ подобныя одновинтовыя, независимо отъ природы движущей силы на валу. Можно твердо сказать, что современное турбинное судно маневрируетъ такъ же быстро и хорошо какъ подобное судно, снабженное поршневыми машинами при условіи, что команда турбиннаго судна во всѣхъ отношеніяхъ понимаетъ турбинную установку.

Строго говоря, многое изъ того, что будетъ далѣе слѣдовать, приложимо только къ трехвальной установкѣ съ 5 турбинами, такъ какъ первоначально это расположеніе турбинъ было преимущественнымъ; но это приложимо съ небольшими измѣненіями ко всякой Парсоновской установкѣ. Руководящій принципъ остается тотъ же самый—достичь наилучшихъ результатовъ при наименьшемъ числѣ, сознательно данныхъ сигналовъ и, сообразно съ этими сигналами, всегда утилизировать паръ на наибольшемъ числѣ расширеній.

Даже теперь еще есть много людей, которые увѣрены, что крейсерскія и Г. В. Д. комбинаціи предназначаются

только для работы въ открытомъ морѣ и, что, приближаясь къ берегу, за нѣсколько миль до него, необходимо перейти на маневрирующую комбинацію. Такое повѣрье основано на томъ положеніи, что судно не можетъ быстро начать маневрировать съ крейсерской комбинаціи и для того, чтобы быть подготовленнымъ ко всякой крайности, которая можетъ встрѣтиться при входѣ въ портъ или при проходѣ узкимъ каналомъ, должны быть въ работѣ маневрирующія турбины. Эти взгляды исчезаютъ, но они стоили бы много угля, если бы были, болѣе или менѣе, общими.

Маневрирующія турбины, употребляемыя какъ таковыя, не экономичны. Для объясненія этого не надо обращаться къ теоріи, такъ какъ причины практически очевидны сами собою. Вопервыхъ, когда судно идетъ подъ маневрирующими турбинами, то ходъ ему даютъ только 2 изъ 3 винтовъ, а третій всегда дѣйствуетъ какъ тормозъ, стремясь уменьшить скорость судна независимо отъ направленія его движенія. Вовторыхъ, турбины Н. Д и задняго хода сравнительно короткія, лопатки и промежутки между ними сравнительно большіе и для движенія этихъ турбинъ черезъ нихъ должно проходить большое количество пара. Поэтому, результатъ продолжительнаго употребленія ихъ точно такой же какъ, если бы между котлами и холодильниками было открыто большое непосредственное соединеніе. При пусканіи въ ходъ этихъ турбинъ паръ быстро снимается съ котловъ и для поддержанія достаточнаго давленія пара для управленія судномъ при маневрирующихъ турбинахъ надо имѣть самый сильный жаръ въ топкахъ. Далѣе, въ главномъ паровомъ патрубкѣ будетъ сухой насыщенный или слегка перегрѣтый паръ при давленіи отъ 225 ℔ до 250 ℔. Когда пускаются въ ходъ маневрирующія турбины, ихъ дыхательные клапана открываются настолько, чтобы уменьшить это давленіе въ патрубкѣ для того, чтобы въ турбины пошло приблизительно отъ 15 ℔ до 40 ℔ (обычное маневрирующее давленіе). Слѣдовательно, въ эти турбины входитъ перегрѣтый паръ, а такъ какъ рядъ расширеній у нихъ короткій, то этотъ перегрѣвъ доводится почти до холодильниковъ, давая въ результатѣ или уменьшеніе въ нихъ

пустоты отъ излишняго тепла, или излишній расходъ пара во вспомогательныхъ механизмахъ при стремленіи поддержать высокую пустоту. Какъ было объяснено ранѣе, при меньшей пустотѣ требуется больше пара для производства даннаго числа оборотовъ, а слѣдовательно, въ холодильникъ должно входить больше пара, что стремится еще больше уменьшить пустоту. Такимъ образомъ, если маневрирующія турбины работаютъ продолжительное время, то упомянутый эффектъ, выраженный въ расходѣ угля, будетъ прогрессивно увеличиваться съ увеличеніемъ времени работы.

Слѣдовательно, такъ какъ маневрирующія турбины не экономичны, то онѣ должны работать только тогда, когда это абсолютно необходимо, а при умѣломъ управленіи судномъ употребленіе маневрирующихъ турбинъ будетъ удивительно не продолжительнымъ. Въ предыдущей главѣ маневрированіе опредѣлялось слѣдующими требованіями съ мостика:

1. Вращеніе двухъ бортовыхъ валовъ въ одно и тоже время впередъ съ различными скоростями.

2. Вращеніе каждаго или двухъ бортовыхъ валовъ назадъ.

При этихъ условіяхъ должна употребляться, такъ называемая, маневрирующая комбинація и абсолютно ни при какихъ другихъ условіяхъ, исключая поломки Г. В. Д. турбины, она не должна быть употребляема.

При поршневой машинѣ расходъ котельнаго пара приблизительно пропорціоналенъ скорости судна и эта пропорціональность сохраняется почти одинаково какъ при переднемъ, такъ и при заднемъ ходѣ судна. Такое положеніе не существуетъ на турбинномъ суднѣ. При продолжительномъ употребленіи маневрирующихъ турбинъ на перемѣнныхъ ходахъ, причемъ скорость судна никогда не будетъ болѣе 12 узловъ, будетъ расходоваться двойной объемъ пара сравнительно съ тѣмъ, какой потребуется для скорости 17 узловъ при комбинаціи К. В. Д. Другими словами, поршневая машина можетъ дать приблизительно 100 оборотовъ въ 1 минуту какъ на переднемъ, такъ и на заднемъ ходу при $^2/_3$ полной котельной мощности. Это не

будетъ справедливо для турбинной установки. Такое судно можетъ имѣть въ среднемъ 500 оборотовъ въ 1 минуту впередъ при $^1/_2$ силѣ котловъ, но при той же самой мощности котловъ дастъ на задній ходъ, вѣроятно, только 400 оборотовъ въ 1 м. и то на двухъ только валахъ.

Коротко говоря, турбинное судно можетъ быть управляемо также быстро и съ такими же большими скоростями, какъ подобное судно, снабженное поршневыми машинами; но такое маневрированіе сопровождается всегда бо́льшимъ расходомъ пара и, слѣдовательно, топлива. Кромѣ того, такое маневрированіе сопровождается значительнымъ изнашиваніемъ и разбиваніемъ всей установки. Для развитія силы, близкой къ полной маневрирующей силѣ турбинной установки, требуется полная мощность котловъ, но случаи, когда дѣйствительно надо давать полную мощность маневрирующихъ турбинъ, весьма рѣдки.

Объяснимъ это на примѣрахъ. Предположимъ, что истребитель, стоящій на якорѣ одинъ въ открытой гавани, почти готовъ къ съемкѣ съ якоря. Доложено, что машины готовы и машинное и котельныя отдѣленія ожидаютъ перваго сигнала. Предварительно включены 2 котла для установленной скорости 15 узловъ. Жаръ слегка заглушенъ въ ожиданіи перваго сигнала, чтобы разгрести и привести его въ состояніе, необходимое на ходу. Вентиляторы едва вращаются, всѣ вспомогательные механизмы машиннаго отдѣленія работаютъ малымъ ходомъ и пустота въ каждомъ холодильникѣ $27^1/_2$". Цѣль офицера, управляющаго судномъ, дать ему малый ходъ впередъ. Онъ можетъ сдѣлать это двумя способами, дающими одинъ и тотъ же результатъ, но одинъ изъ этихъ способовъ вызываетъ значительный безполезный расходъ энергіи и топлива. Онъ можетъ дать сигналъ: «малый впередъ» на правомъ телеграфѣ и потомъ, пройдя не спѣша по мостику къ лѣвому телеграфу дать сигналъ этой машинѣ: «малый впередъ». Между моментами посылки этихъ двухъ сигналовъ пройдетъ приблизительно отъ 30 секундъ до 2 минутъ времени. Изъ 10 человѣкъ 9, вѣроятно, поступятъ такъ и при поршневыхъ машинахъ это не вызвало бы больше работы въ машинномъ отдѣленіи чѣмъ въ томъ

случаѣ, если бы оба сигнала были даны одновременно. Между тѣмъ, въ турбинномъ машинномъ отдѣленіи при первомъ сигналѣ открывается маневрирующій клапанъ праваго борта и пускается паръ въ П. Н. Д. турбину. Когда этотъ клапанъ откроется, давленіе пара упадетъ почти мгновенно до 25 ℔ или 30 ℔; поэтому скорость вентиляторовъ должна быть увеличена и усиленъ огонь, чтобы приспособить его къ требованію большого количества пара. Пустота въ холодильникѣ праваго борта сразу упадетъ на 2″ или 3″ и для поддержанія ея на прежней высотѣ, ходъ вспомогательныхъ механизмовъ машиннаго отдѣленія необходимо долженъ быть увеличенъ. Такимъ образомъ, нѣсколько минутъ въ машинномъ отдѣленіи всѣ будутъ работать усиленно, чтобы приспособить механизмы къ выполненію предъявленныхъ требованій. Когда получится сигналъ для малаго хода впередъ на лѣвомъ телеграфѣ, то маневрирующій клапанъ праваго борта долженъ быть закрытъ, а дыхательный клапанъ К.В.Д. открытъ для малаго хода впередъ при этой комбинаціи. Такая скорость при этой комбинаціи будетъ требовать сравнительно меньше пара и онъ входитъ въ холодильникъ настолько расширившимся, что температура его будетъ сравнительно низкая. Поэтому, необходимо будетъ произвести обратную работу, т.-е. уменьшить до нормальной рабочей скорости ходъ всѣхъ вспомогательныхъ механизмовъ. Если бы съ мостика дали почти одновременно прежніе сигналы для двухъ машинъ тогда К. В. Д. комбинація могла быть пущена въ дѣйствіе сразу. Маневрирующія турбины совершенно не работали бы, все пришло бы само собою легко и быстро къ нормальнымъ ходовымъ условіямъ и былъ бы сбереженъ паръ, израсходованный вслѣдствіи увеличенной скорости вспомогательныхъ механизмовъ и работы маневрирующихъ турбинъ. Кромѣ того, при работѣ К. В. Д. комбинаціи турбины были бы лучше подготовлены къ выполненію сигналовъ въ крайнихъ случаяхъ, чѣмъ при ходѣ подъ маневрирующей комбинаціей.

Для объясненія этого послѣдняго пункта приведемъ другой случай. Тотъ же самый истребитель идетъ изъ одного порта въ другой въ продолженіи 24 часовъ при установленной

скорости въ 15 узловъ и при К. В. Д. комбинаціи. Топки не чистились съ момента съемки съ якоря и поэтому сравнительно замусорены, но котлы легко держатъ давленіе пара, потребное для этой, сравнительно малой скорости. Вспомогательные механизмы работаютъ малымъ ходомъ и пустота въ обоихъ холодильникахъ $29^1/_2''$. Судно подходитъ къ входу въ каналъ, находящемуся въ разстояніи 15 миль отъ мѣста назначенія, бассейна адмиралтейства. При ходѣ вдоль этого канала необходимо, чтобы судно могло быстро дать задній ходъ. Предположимъ теперь, что сдѣланъ переходъ съ К. В. Д. комбинаціи на маневрирующую и эти послѣднія 15 миль судно будетъ итти со скоростью 10 узловъ. Въ этомъ случаѣ расходъ угля, который былъ въ теченіе предыдущихъ 24 часовъ 2 тонна въ часъ, теперь увеличится до 4 или 6 тоннъ въ 1 часъ. Пустота начнетъ и будетъ продолжать падать медленно все время въ теченіе 15 миль, такъ что судно прійдетъ въ адмиралтейство съ сильнымъ огнемъ, быстро работающими вентиляторами, всѣми вспомогательными механизмами, работающими со скоростью выше своей нормальной скорости, и пустотой, можетъ быть, отъ 20″ до 22″. Если въ этомъ положеніи будетъ данъ сигналъ для задняго хода, то потребуется, вѣроятно, въ $1^1/_2$ раза больше пара, чтобы дать полный задній ходъ при этой пустотѣ 22″, чѣмъ въ томъ случаѣ, если бы пустота могла быть поддерживаема $29^1/_2$. Послѣ ошвартовленія у стѣнки бассейна огонь все еще будетъ сильный, съ нимъ трудно будетъ справиться и въ результатѣ будетъ продолжительный подъемъ предохранительныхъ клапановъ и часовая работа, прежде чѣмъ огонь будетъ приведенъ въ такое состояніе, что можно будетъ закрыть котельные стопорные клапана. Кромѣ того, за время употребленія маневрирующихъ турбинъ въ теченіе послѣдняго часа и половины пробѣга, температура машиннаго отдѣленія станетъ чрезвычайно высокою.

Въ противоположность этому предположимъ, что эти послѣднія 15 миль судно шло на К. В. Д. комбинаціи, уменьшивъ свою скорость до 10 узловъ. Въ этомъ случаѣ расходъ угля въ 1 часъ будетъ меньше расхода въ теченіе предыдущихъ 24 часовъ, огню можно дать догорать все еще

поддерживая достаточное давленіе пара; пустота будетъ оставаться 29½", всѣ вспомогательные механизмы могутъ работать при ихъ нормальной скорости и судно достигнетъ бассейна со слабымъ, легко управляемымъ огнемъ, съ достаточнымъ давленіемъ пара для того, чтобы можно было быстро дать задній ходъ и съ высокой пустотой въ холодильникахъ. Результатъ въ этомъ случаѣ будетъ такой, что для передвиженія по каналу потребуется много меньше пара при той же скорости судна, или, важнѣе, при маневрированіи можно будетъ воспользоваться большею силою при той же мощности котловъ. Послѣ окончательнаго прекращенія работы турбинъ, огонь будетъ въ такомъ состояніи, что можно будетъ быстро приготовить котлы къ прекращенію паровъ.

Ясно, что, несмотря на нѣкоторыя уважительныя причины употребленія маневрирующихъ турбинъ, всегда выгодно держаться на крейсерской комбинаціи до послѣдняго момента. Одна только причина выставляется какъ объясненіе необходимости перехода на маневрирующія турбины—это ошибочное мнѣніе, что судно не можетъ быстро начать маневрировать съ крейсерской комбинаціи. Если при ходѣ подъ маневрирующими турбинами будетъ данъ сигналъ, который дается въ самыхъ крайнихъ случаяхъ: «обѣ полный назадъ», то должно быть выполнено слѣдующее: Оба маневрирующихъ клапана должны быть приведены въ нейтральное положеніе и потомъ въ положеніе полнаго задняго хода. Такъ какъ пустота сравнительно низкая, то давленіе пара въ котлахъ не дастъ той же скорости назадъ, какъ если бы пустота была высокая. Съ другой стороны, если получится сигналъ: «обѣ полный назадъ» при пользованіи крейсерской комбинаціей, необходимо будетъ только закрыть К. В. Д. дыхательный клапанъ и открыть оба маневрирующихъ клапана на задній ходъ; вслѣдствіи же высокой пустоты, которая можетъ поддерживаться при К. В. Д. комбинаціи, то же самое котельное давленіе пара произведетъ значительно большій эффектъ на движеніе судна назадъ. Было сказано ранѣе, что имѣется только одинъ аргументъ за употребленіе маневрирующихъ турбинъ при этихъ усло-

віяхъ; это то, что вся маневрирующая комбинація поддерживается болѣе совершенно прогрѣтою и, слѣдовательно, болѣе приготовлена къ употребленію при внезапныхъ крайностяхъ; но съ другой стороны, употребленіе маневрирующихъ турбинъ передняго хода ни какимъ образомъ не обогрѣваетъ и не поддерживаетъ прогрѣтыми турбины задняго хода. Если итти подъ крейсерской комбинаціей, то возможно съ незначительной потерей силы слегка пріоткрыть маневрирующіе клапана, давая этимъ возможность небольшому количеству пара входить въ турбины задняго хода и прогрѣвать ихъ; но когда употребляется маневрирующая комбинація, впускъ такого обогрѣвающаго пара въ турбины задняго хода не возможенъ, исключая рѣдкіе случаи, гдѣ для маневрирующихъ турбинъ передняго и задняго хода установлено 2 отдѣльныхъ дыхательныхъ клапана.

Ничто изъ сказаннаго въ предыдущей части этой главы не должно быть понято въ томъ смыслѣ, что въ турбинной установкѣ есть что-либо слабое или не прочное и требуетъ особенной заботы или, что какой-либо сигналъ въ крайности можетъ вызвать колебанія. Назначеніе котловъ—приготовлять паръ, а турбинъ—использовать этотъ паръ и, независимо отъ характера работы, маневрирующія турбины должны во всѣхъ случаяхъ выдерживать напряженія и нагрузку, если только котлы даютъ достаточно пару. Маневрирующая комбинація можетъ быть употребляема между предѣлами: «полный впередъ» и «полный назадъ», но результатъ всегда будетъ одинъ и тотъ же—ббльшій расходъ топлива. Если для тактическихъ цѣлей, маневрированія или въ крайности необходимо употреблять эту комбинацію, то абсолютно нѣтъ никакой причины, почему бы она не могла быть примѣнена; но замѣчательно то, что при обыкновенныхъ условіяхъ плаванія ее приходится употреблять очень мало. Надо только немного обдумать и позаботиться о томъ, чтобы уменьшить количество сигналовъ до абсолютно необходимаго числа и посылать ихъ въ машинное отдѣленіе такимъ образомъ, чтобы получить наилучшіе результаты въ смыслѣ управленія судномъ рулемъ при крейсерской комбинаціи.

Какъ было объяснено въ предыдущей главѣ, обыкновенно на турбинныхъ судахъ маневрирующими турбинами лучше управлять по давленіямъ нежели по числамъ оборотовъ и поэтому ближайшій удобный случай долженъ быть использованъ для испытанія судна при маневрирующей комбинаціи. Обыкновенный способъ для истребителей и болѣе малыхъ судовъ состоитъ въ установленіи извѣстныхъ полной, средней и малой скоростей назадъ, какъ напр. 12, 9 и 5 узловъ, и примѣненіи этихъ скоростей независимо отъ того, какая можетъ быть въ данномъ случаѣ мощность котловъ и какова установленная ходовая скорость. Кромѣ того, должна быть предусмотрѣна возможность сигнала: «крайняя полная скорость назадъ». Этимъ способомъ судно можетъ быть удобно управляемо при обыкновенныхъ условіяхъ, примѣняя только 3 сигнала: малый, средній и полный назадъ, но въ крайнемъ случаѣ можетъ быть дана вся возможная мощность назадъ.

Вообще, можно утверждать съ увѣренностью, что при всѣхъ любыхъ условіяхъ турбинное судно можетъ быть управляемо точно такъ же, какъ подобное судно съ поршневыми машинами, хотя это совершается при довольно значительномъ расходѣ пара. Не можетъ быть ни на минуту колебанія передъ посылкою въ машинное отдѣленіе необходимаго сигнала и, если составъ машиннаго отдѣленіе опытный и понимающій свои обязанности, эти сигналы будутъ исполняться быстро и точно. Продолжительность времени для перехода съ полнаго хода впередъ на полный назадъ при крайнихъ случаяхъ, есть время, потребное для закрытія одного клапана и открыванія 2-хъ клапановъ и, поэтому при турбинной установкѣ можно отвѣчать на сигналы быстрѣе чѣмъ при поршневыхъ машинахъ. Есть одинъ пунктъ, по которому турбинное судно проигрываетъ при сравненіи съ судномъ, снабженнымъ поршневыми машинами; этотъ пунктъ заключается въ томъ, что турбинное судно имѣетъ малые винты; слѣдовательно, винты съ меньшимъ коэффиціентомъ полезнаго дѣйствія. Это особенно замѣтно на малыхъ судахъ, какъ миноносцы, гдѣ «боковое дѣйствіе» винтовъ всегда принимается въ расчетъ при ходѣ вдоль стѣнки бас-

сейна или при разворачиваніи въ узкомъ каналѣ. Малые винты турбинныхъ судовъ не даютъ этого полезнаго «бокового движенія» кормѣ судна; но хотя это есть и недостатокъ, онъ болѣе чѣмъ компенсируется тѣмъ, что винты настолько малы, что они не выступаютъ за обводы судна и не задѣваютъ за сваи, выступающія части дамбъ бассейновъ и т. п.

Глава XIV.

Установка и изнашиваніе главныхъ подшипниковъ.

Говоря вообще, зазоръ при установкѣ турбинныхъ подшипниковъ дается немого меньшій сравнительно съ зазоромъ въ рамовыхъ подшипникахъ поршневыхъ машинъ. Турбинные подшипники средняго размѣра устанавливаются, обыкновенно, съ зазоромъ по свинцовой проволокѣ въ 0,010″ или меньше. Способъ измѣренія этого зазора практически тотъ же, что при поршневыхъ машинахъ. Куски свинцовой проволоки извѣстной длины кладутся поперекъ главной шейки (обыкновенно около 3 съ одинаковыми промежутками по длинѣ шейки), верхняя крышка ставится на мѣсто и сильно притягивается своими нажимными болтами. Потомъ она снимается и свинцовыя проволоки тщательно измѣряются микрометромъ на концахъ и въ серединѣ. Верхняя часть вкладыша пригоняется съ точнымъ зазоромъ по проволокѣ, а бока расшаберовываются, чтобы зазоръ здѣсь былъ больше на 0,005″ или 0,007″ для предупрежденія захватыванія вала боками подшипника при большой скорости. Напримѣръ, среднія толщины комплекта свинцовыхъ проволокъ для подшипника могутъ быть, приблизительно, слѣдующія: Передняя проволока: середина—0,009″, бока—0,016″ и 0,015″. Средняя проволока: середина—0,009″, бока—0,016″ и 0,015″. Задняя проволока: середина—0,009″, бока—0,017″ и 0,014″.

По свинцовой проволокѣ устанавливается только верхняя крышка. При пригонкѣ нижней половинки надо стремиться получить прилеганіе шейки по всей поверхности

подшипника и при этомъ удерживать валъ на надлежащей высотѣ, провѣряя это помощью дугового калибра, какъ будетъ описано позднѣе.

Извѣстный общепризнанный авторитетъ по турбинамъ J. W. Southern въ своей книгѣ «The Marine Steam Turbine» говоритъ: «Изнашиваніе подшипниковъ въ дѣйствительности также очень мало, именно, около 0,002″ или 0,003″ съ небольшими измѣненіями въ обѣ стороны. Просадка ротора Н.Д. въ случаѣ, фиксированомъ авторомъ послѣ двухъ лѣтъ службы турбины была только 0,004″». Тщательное изученіе трудовъ авторитетовъ, трактующихъ по этому вопросу, указываетъ, что это мнѣніе относительно изнашиванія главныхъ подшипниковъ, болѣе или менѣе, общее и эти мнѣнія выведены какъ результаты многочисленныхъ дѣйствительныхъ опытовъ и измѣреній. Не можетъ быть вопроса, что тамъ, гдѣ турбины работаютъ при строго нормальныхъ условіяхъ съ хорошо смазанными подшипниками, главные подшипники почти не изнашиваются. Однако, опытъ показалъ, что въ дѣйствительной службѣ бываютъ различныя обстоятельства, которыя причиняютъ быстрое и неестественное изнашиваніе главныхъ подшипниковъ; величина этого изнашиванія въ нѣкоторыхъ случаяхъ дѣлается настолько большой, что бываетъ возможнымъ источникомъ серьезнаго поврежденія турбинъ. Извѣстно, что, когда обнаруживается чрезмѣрное изнашиваніе, оно всегда происходитъ отъ какой-либо ненормальности, но, такъ какъ результаты такого изнашиванія открываются, обыкновенно, ранѣе обнаруженія причины, то должно быть принято за постоянное правило періодически измѣрять изнашиваніе всѣхъ главныхъ подшипниковъ турбинъ. Въ теченіе первыхъ нѣсколькихъ мѣсяцевъ службы эти освидѣтельствованія должны происходить чаще чѣмъ послѣ болѣе долгой службы. Можно предложить какъ постоянное и надежное, до нѣкоторой степени, правило осматривать подшипники, по крайней мѣрѣ, черезъ каждые 3 мѣсяца послѣ сдачи или чаще, если есть предположеніе существованія какой-либо ненормальности въ масляной системѣ.

Примѣромъ этому можетъ служить то, что на одномъ истребителѣ американскаго флота, послѣ 8 мѣсяцевъ службы было найдено, что всѣ подшипники сработались на величину отъ 0,004″ до 0,016″, причемъ у большинства изъ нихъ было обнаружено приблизительно одинаковое изнашиваніе отъ 0,010″ до 0,012″. Потомъ было найдено, что это срабатываніе произошло вслѣдствіи ненормальнаго состоянія масляной системы и величиною его уже нельзя было пренебречь. Дѣйствительныя величины изнашиванія въ этомъ частномъ случаѣ были:

Передняго	подшипника	К. В. Д.	0,004″
Задняго	»	»	0,013″
Передняго	»	К. С. Д.	0,004″
Задняго	»	»	0,012″
Передняго	»	Г. В. Д.	0,005″
Задняго	»	»	0,007″
Передняго	»	Л. Н. Д.	0,015″
Задняго	»	»	0,015″
Передняго	»	П. Н. Д.	0,013″
Задняго	»	»	0,016″

Хотя это изнашиваніе и чрезмѣрно, но оно было настолько однообразно, что резонно было предположить, что во всѣхъ подшипникахъ оно происходило отъ одной общей причины; въ концѣ концовъ было найдено объясненіе, которое, какъ теперь увѣрены, было причиною неисправности. Во время предварительныхъ испытаній этого судна и первыхъ дней послѣ его сдачи много безпокойства было съ его упорными подшипниками. Во время его постройки Морское Министерство потребовало, чтобы упорныя кольца были сдѣланы изъ сплава мѣди, олова и цинка въ пропорціи: 88, 10 и 2. При послѣдующихъ испытаніяхъ было найдено, что этотъ металлъ слишкомъ мягокъ для большой скорости валовъ. Предполагали, что присутствіе цинка въ сплавѣ было причиной ненормальности, такъ какъ металлъ при небольшомъ нагрѣвѣ, т.-е. практически даже безъ нагрѣва, задирался валами, отдѣлялся слоями и стирался. Даже при

самыхъ малыхъ скоростяхъ стальныя кольца вала срабатывали металлъ колецъ упорнаго подшипника. Примѣромъ можетъ служить то, что при одномъ пробѣгѣ, несмотря на то, что подшипникъ не былъ замѣтно теплымъ и температура выходящаго изъ него масла не была выше 46°, кольца нижняго упорнаго вкладыша сработались въ нѣсколько минутъ на 0,025″ и этотъ сработавшійся металлъ былъ увлеченъ въ масляную систему. Когда обнаруживали такое истираніе колецъ, все масло изъ трубопровода выпускалось, вся масляная система тщательно вычищалась и промывалась и старое масло или вовсе не возвращалось или, если примѣнялось опять, то до наливанія въ отстойную систерну тщательно фильтровалось черезъ тонкую кисею различной густоты. Но въ трехъ или четырехъ случаяхъ у этихъ подшипниковъ обнаруживали неисправность въ то время, когда судно было довольно далеко въ морѣ и, прежде чѣмъ масляная система могла быть очищена, абсолютно необходимо было итти въ портъ. Теперь увѣрены, что, хотя фильтры на масляной магистрали улавливаютъ и задерживаютъ всѣ большія частицы металла, все же черезъ нихъ можетъ проходить много малыхъ частицъ, находящихся въ смѣси съ масломъ и, такимъ образомъ, онѣ проходятъ черезъ всѣ подшипники системы, постепенно стирая ихъ бѣлый металлъ.

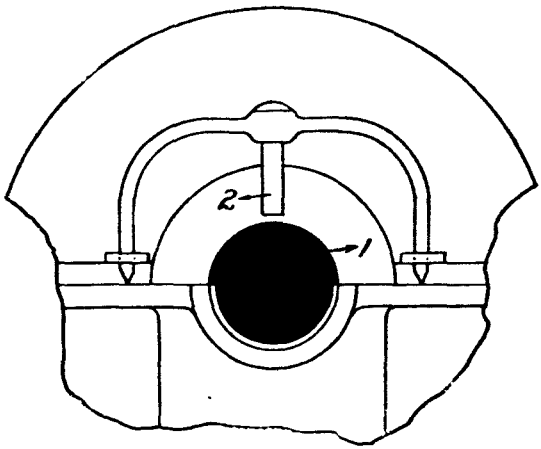
Есть другой источникъ появленія мелкихъ песчинокъ въ маслѣ системы. Въ первыхъ турбинныхъ установкахъ внутреннія поверхности всѣхъ масляныхъ поддоновъ не покрывались ничѣмъ, а такъ какъ они чугунные, то подъ дѣйствіемъ воды, которая можетъ быть въ смѣси съ масломъ, эти поверхности быстро покрывались ржавчиною и движеніемъ масла по этимъ поверхностямъ, когда масло находилось подъ давленіемъ, вѣроятно, уносились большія частицы ржавчины. Эти частицы, болѣе или менѣе, грубы и ихъ присутствіе въ маслѣ можетъ принести значительный вредъ бѣлому металлу всѣхъ подшипниковъ. Для предупрежденія, могущихъ быть отъ этого, поврежденій рекомендуется лудить или другимъ образомъ предохранять противъ ржавленія внутреннія поверхности всѣхъ масляныхъ поддоновъ. Если невозможно вылудить эти поверхности, то рекомен-

дуется покрывать ихъ какой-нибудь хорошей металлической краской.

На одномъ турбинномъ коммерческомъ пароходѣ, плавающемъ у восточныхъ береговъ, было обнаружено чрезмѣрное изнашиваніе главныхъ турбинныхъ подшипниковъ уже послѣ нѣсколькихъ мѣсяцевъ службы, доходившее въ нѣкоторыхъ случаяхъ до опасной величины отъ 0,025″ до 0,030″ въ турбинахъ Н. Д., такъ что оставалось нѣсколько тысячныхъ дюйма до того положенія, при которомъ начинается треніе лопатокъ. Причина этой неисправности окончательно была приписана присутствію въ масляной системѣ значительнаго количества соленой воды, которая попадала въ масло вслѣдствіи чрезмѣрной течи маслоохладителя. Очевидно, дѣйствіе соленой воды на бѣлый металлъ было точно такое же, какъ мелкихъ грубыхъ частицъ металла, находящихся въ маслѣ.

Эти немногіе примѣры показываютъ, что въ томъ случаѣ, когда происходитъ неестественное изнашиваніе подшипниковъ и оно не ожидается при обыкновенныхъ условіяхъ, слѣдуетъ позаботиться обнаружить и, если возможно, устранить причину, которая можетъ заключаться въ ненормальномъ состояніи масляной системы.

Способъ опредѣленія изнашиванія главныхъ турбинныхъ подшипниковъ заключается въ слѣдующемъ: Послѣ того какъ турбины установлены, зазоры измѣрены и все практически готово для начала пробы паромъ на суднѣ, снимаются всѣ верхнія крышки подшипниковъ, тщательно очищаются главныя шейки, съ горизонтальныхъ фланцевъ нижнихъ половинокъ тщательно удаляется весь прокладочный матеріалъ и они слегка проскабливаются до полученія блестящей металлической поверхности. Въ снабженіе отпускается инструментъ, извѣстный подъ названіемъ «дуговой калибръ», состоящій изъ дуги или мостика, который опирается на горизонтальные фланцы и перекидывается черезъ шейку подшипника. Онъ опирается на 3 точки: одну на одномъ фланцѣ и 2 на противоположномъ. Изъ середины дуги выступаетъ внизъ стальной штифтъ и почти, но не вполнѣ касается шейки вала. Чтобы обезпечить точное



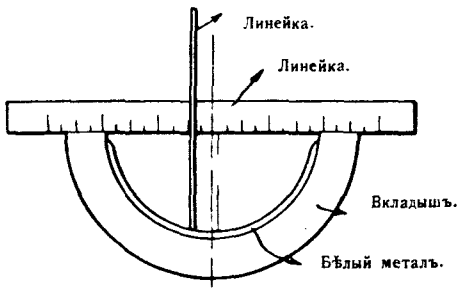
Фиг. 21.

вертикальное направленіе этого штифта къ центру вала, лапа дугового калибра, которая имѣетъ 2 опорныя точки просверлена и одѣвается на одну изъ шпилекъ горизонтальнаго фланца. Когда этотъ дуговой калибръ поставленъ на мѣсто, зазоръ между стальнымъ штифтомъ и валомъ опредѣляется обыкновеннымъ щупомъ, причемъ калибръ слѣдуетъ нажимать для того, чтобы щупъ не поднималъ его вверхъ и, такимъ образомъ, не получалось бы невѣрнаго показанія. Этотъ зазоръ берется для всѣхъ подшипниковъ однимъ и тѣмъ же калибромъ и точный зазоръ для каждаго подшипника ясно выбивается на его фланцѣ. Если потомъ желательно опредѣлить просадку любого подшипника, употребляется тотъ же самый калибръ и разница между отсчетомъ на фланцѣ и дѣйствительнымъ зазоромъ, полученнымъ теперь измѣреніемъ щупомъ, представитъ величину просадки этого подшипника. Напримѣръ, если зазоръ, найденный сегодня между штифтомъ калибра и верхомъ вала для какого-то подшипника равенъ 0,025″, а на фланцѣ этого подшипника выбитъ зазоръ 0,020″, тогда изнашиваніе подшипника за періодъ, оканчивающійся сегодня, будетъ равно разницѣ между 0,025″ и 0,020″, т.-е. 0,005″.

Такъ какъ всегда могутъ появиться причины, вслѣдствіи которыхъ главные подшипники будутъ чрезмѣрно изнашиваться, то старшему механику новаго судна рекомендуется насколько возможно скорѣе послѣ пріемки судна отъ строителей измѣрить и записать всѣ зазоры и производить дальнѣйшую провѣрку этихъ зазоровъ, по крайней мѣрѣ, черезъ каждые 3 мѣсяца или чаще, если есть какая-либо причина предполагать, что въ масляной системѣ произошло что-либо ненормальное, что можетъ причинить изнашиваніе главныхъ подшипниковъ. Когда найдено, что какой-либо подшипникъ сработался болѣе чѣмъ на 0,004″ или 0,005″, онъ долженъ быть немедленно замѣненъ запаснымъ и послѣ такой перестановки долженъ быть измѣренъ зазоръ, чтобы быть увѣреннымъ, что новый нижній вкладышъ приводитъ подшипникъ къ первоначальному зазору по дуговому калибру. Если когда-либо случилось срабатываніе, оно можетъ произойти вторично, и по этой причинѣ всякій износившійся нижній вкладышъ, вынутый съ мѣста, долженъ быть немедленно перезалитъ и обращенъ въ запасный.

Способы перезаливки подшипниковъ въ каждой мастерской разные. Когда нижній вкладышъ перезаливается на самомъ суднѣ или на ремонтномъ суднѣ, можно посовѣтовать слѣдующій быстрый способъ для выполненія этого при минимальномъ безпокойствѣ. Предположимъ, напримѣръ, что какой-то подшипникъ сработался на 0,014″. Этотъ подшипникъ вынутъ, а на его мѣсто установленъ запасный. Запасный нижній вкладышъ тщательно пригоняется шаберовкою такъ, чтобы вопервыхъ, онъ имѣлъ хорошую поверхность соприкасанія по всей своей длинѣ и вовторыхъ, чтобы онъ поднималъ валъ до правильнаго зазора по дуговому калибру. Когда износившійся нижній вкладышъ снятъ, то на немъ выбивается 0,014 (величина просадки)+0,004″, т.-е. 0,018″. Когда вкладышъ приходитъ на ремонтное судно или въ мастерскую, то посредствомъ двухъ линеекъ какъ показано на фиг. 22 точно измѣряется разстояніе отъ горизонтальной плоскости разъема вкладышей до наинизшаго мѣста бѣлаго металла въ серединѣ подшип-

ника. Предположимъ, что это разстояніе для даннаго подшипника будетъ равно 3,010″. Теперь выплавляютъ старый бѣлый металлъ и подшипникъ перезаливаютъ обыкновеннымъ путемъ. При обработкѣ вкладыша на станкѣ бѣлаго металла снимается столько, чтобы разстояніе отъ линіи



Фиг. 22.

разъема до середины подшипника было 3,010″ (первоначальный размѣръ)—0,018″ (цифра выбитая на вкладышѣ), т.-е. 2,992″. Другими словами, подшипникъ перезалитъ такимъ образомъ, что центръ его теперь будетъ на 0,014″ выше чѣмъ первоначальный центръ и имѣется 0,004″ металла для пригонки на мѣстѣ. По полученіи вкладыша на суднѣ, онъ шаберуется и пригоняется на мѣстѣ и эти 0,004″ будутъ достаточнымъ припускомъ для возможныхъ неточностей при измѣреніи или при обработкѣ на станкѣ.

Глава XV.

Установка зазоровъ въ думмисахъ. Пригонка запасныхъ упорныхъ подшипниковъ.

Такъ какъ правильная и точная установка зазоровъ въ думмисахъ въ различныхъ турбинахъ жизненно важна съ точки зрѣнія экономичной и безопасной работы турбины, то все, что было дано въ предыдущихъ главахъ по этому предмету, собрано въ настоящей главѣ, представляющей по своему характеру общій обзоръ съ необходимыми добавочными замѣтками.

Приведемъ дѣйствительный случай и укажемъ всѣ работы, какъ онѣ были выполнены на суднѣ въ обыкновенномъ плаваніи. Истребитель идетъ изъ Charleston въ Key West съ установившейся скоростью 25 узловъ при К. С. Д. комбинаціи при начальномъ давленіи 225 ℔ въ этой турбинѣ. Въ концѣ первой вахты, послѣ того какъ давленія, число оборотовъ и, вообще, всѣ условія плаванія установились, былъ измѣренъ зазоръ въ думмисахъ П. Н. Д. турбины и найденъ равнымъ 0,020″; упорный подшипникъ П. Н. Д., хотя и работалъ нѣсколько теплѣе обычнаго, но эта температура не была опасной. Въ теченіе нѣсколькихъ часовъ за этимъ подшипникомъ тщательно наблюдали и, хотя въ теченіи этого времени онъ и не нагрѣвался до опаснаго предѣла, но слѣдующій отсчетъ микрометра показалъ, что зазоръ въ думмисахъ правой турбины Н. Д. сталъ только 0,006″. Послѣднія записи въ думмисовой книгѣ указывали, что первоначально этотъ зазоръ былъ установленъ 0,022″ и прежде онъ никогда ни понижался болѣе 0,018″; слѣдовательно, измѣреніе показывало сразу какую-то ненормальность въ самомъ упорномъ подшипникѣ. Былъ сдѣ-

ланъ быстро переходъ на Г. В. Д. комбинацію, увеличивъ этимъ давленіе пара въ П. Н. Д. турбинѣ и, слѣдовательно, аксіальное давленіе, направленное назадъ, въ то же время все еще поддерживая прежнюю скорость вала; было замѣчено, что это немедленно уменьшило нагрузку на упорный подшипникъ и онъ сталъ охлаждаться до нормальной температуры, а зазоръ въ думмисахъ сталъ 0,010″. (Въ такомъ случаѣ переходъ на Г. В. Д. комбинацію не сразу даетъ эти результаты, такъ какъ при переходѣ съ К. В. Д. комбинаціи необходимо будетъ замедлить ходъ и поддерживать скорость не болѣе 10 узловъ, пока не будетъ сдѣланъ осмотръ).

Такъ какъ обращеніе къ предыдущимъ записямъ о работѣ упорнаго подшипника П. Н. Д. турбины показываетъ, что онъ всегда держалъ роторъ съ зазоромъ въ думмисахъ не меньше 0,018″, то было основаніе предполагать, что между кольцами вала и упорнаго подшипника происходило треніе, давшее въ результатѣ изнашиваніе рабочихъ поверхностей колецъ нижняго упорнаго вкладыша на величину отъ 0,010″ до 0,015″. Большое количество стертаго металла ушло въ масло, что подтвердилъ немедленный осмотръ маслянаго фильтра. Работающій фильтръ былъ приготовленъ къ осмотру пускомъ въ ходъ другого маслянаго насоса и направленіемъ всего масла черезъ другой фильтръ. Послѣ этого фильтръ, работавшій ранѣе, былъ разобранъ и въ немъ было найдено много опилокъ и мелкихъ частицъ металла упорныхъ колецъ. Дальнѣйшій ходъ дѣла долженъ всегда указываться частными обстоятельствами. По всѣмъ вѣроятіямъ плаваніе можно продолжать съ первоначальною установленной скоростью, поддерживая такое давленіе въ Г. В. Д. турбинѣ, чтобы образовать достаточное давленіе въ П. Н. Д. турбинѣ для обезпеченія направленія аксіальнаго давленія въ корму и, такимъ образомъ, уменьшить нагрузку на нижній упорный вкладышъ. Можно такъ же итти при К. В. Д. комбинаціи и держать такой малый ходъ, что нагрузка на нижній вкладышъ будетъ ничтожная; но присутствіе въ маслѣ частицъ металла, которыя слишкомъ малы, чтобы быть задержанными фильтромъ, будетъ стремиться стирать бѣлый металлъ всѣхъ подшипниковъ и, въ концѣ концовъ,

настолько повредитъ ихъ, что потребуетъ перезаливки и пригонки вновь. Поэтому лучше всего, если можно, временно остановить турбины, стать на якорь, профильтровать масло и вычистить масляную систему (эта операція описана полностью въ главѣ X). Если обстоятельства требуютъ безпрерывнаго плаванія, то будетъ цѣлесообразно, не останавливая главныхъ машинъ, періодически мѣнять и чистить масляные фильтры, по крайней мѣрѣ, каждые $^1/_2$ часа.

Для многихъ механиковъ покажется невозможнымъ, что рабочія поверхности упорнаго подшипника могли износиться на 0,015″ безъ того, чтобы температура масла не указывала опасный нагрѣвъ подшипника; но такое истирающее дѣйствіе имѣло, дѣйствительно, мѣсто въ нѣкоторыхъ случаяхъ, гдѣ металлъ упорныхъ колецъ былъ старой композиціи съ цинкомъ и слишкомъ мягокъ. Но независимо отъ чего сгоритъ упорный подшипникъ, отъ такого ли постепеннаго истирающаго дѣйствія или отъ недостатка притока масла, мѣры въ результатѣ должны примѣняться однѣ и тѣ же.

По прибытіи судна въ портъ, непремѣнно надо открыть и осмотрѣть упорный подшипникъ П. Н. Д. турбины и пригнать его вновь, или замѣнить запаснымъ, если осмотръ покажетъ необходимость этого. Упомянемъ опять, что верхній и нижній вкладыши упорныхъ подшипниковъ для Г. В. Д., П. Н. Д. и Л. Н. Д. турбинъ дѣлаются, обыковенно, взаимозамѣняемыми, такъ что одинъ запасный комплектъ можетъ быть установленъ въ любой изъ этихъ трехъ подшипниковъ. Подготовка къ работѣ начинается съ того, что разъединяются и снимаются половые листы, обрѣшетники и пр., и для съемки частей подшипника приготовляются подъемныя средства. Для натяжныхъ болтовъ подшипниковъ изготовляются спеціальные патронные ключи; для подъема подшипниковъ болты съ рымами. Клапанъ на маслонапорной трубѣ къ подшипнику закрывается. Натяжные болты вынимаются, разобщается вертикальный стыкъ между главнымъ и упорнымъ подшипниками и посредствомъ ввернутаго рыма и талей, спущенныхъ съ бимса верхней палубы, верх-

няя половинка подшипника снимается совсѣмъ и кладется на машинный полъ на одну сторону. Если горизонтальное соединеніе легко не разбирается, то нажимаются отжимные болты на каждой сторонѣ верхней крышки, а сама она повсюду быстро остукивается мѣднымъ молоткомъ; въ это время усиліе на таляхъ увеличиваютъ до тѣхъ поръ, пока крышка не сойдетъ съ мѣста.

Затѣмъ вынимаютъ задерживающія кольца. Задній комплектъ задерживающихъ колецъ имѣетъ большій зазоръ и онъ вынимается сначала. Ударами по отверткѣ или подобному инструменту, приставленному къ одному концу этихъ колецъ, заставляютъ выйти противоположные концы настолько, чтобы за нихъ можно было взяться и вполнѣ вывернуть съ мѣста. Затѣмъ подобнымъ образомъ вынимается передній комплектъ задерживающихъ колецъ. Можетъ быть, что передній комплектъ колецъ окажется сжатымъ такъ сильно, что его трудно будетъ вынуть. Въ такомъ случаѣ, при проворачиваніи вала приводомъ на часть оборота, аксіальное давленіе червячнаго привода будетъ, обыкновенно, достаточно, чтобы сдвинуть роторъ для освобожденія колецъ. Если эта мѣра недосточна, то желаемый результатъ можно получить отжиманіемъ ротора домкратомъ или ломомъ, упертымъ въ одну изъ муфтъ валовъ. Когда задерживающія кольца вынуты, тогда необходимо будетъ вывернуть нижній вкладышъ и снять его совсѣмъ. На одной его сторонѣ сдѣлана дыра для ввертыванія рыма. Рымъ этотъ ввертывается на мѣсто и за него берутся руками или талями, смотря по необходимости, пока, достаточно провернушись, вкладышъ не откроетъ другую дыру для рыма на его нижней сторонѣ. Въ эту дыру ввертывается рымъ и посредствомъ талей нижняя половинка можетъ быть поднята.

Осмотръ этого подшипника покажетъ, что надо дѣлать для устраненія неисправности. Въ худшемъ случаѣ этотъ подшипникъ можетъ быть сожженъ и покоробденъ такъ сильно, что потребуется замѣна вкладыша запаснымъ. Въ этомъ случаѣ подшипникъ, который былъ снятъ, посылается немедленно въ мастерскую или на ремонтное судно для удаленія сгорѣвшихъ колецъ и вставки на мѣсто новаго

комплекта. Однако, иногда бываетъ, что подшипникъ находится въ довольно хорошемъ состояніи, такъ что можетъ быть поставленъ обратно на мѣсто послѣ пересмотра и пригонки. Если рѣшено, что подшипникъ будетъ пригнанъ и пущенъ опять въ дѣло, то необходимо будетъ снять весь задраный металлъ, выровнять пилой или шаберомъ всѣ высокія или грубыя мѣста и вновь прорубить или очистить всѣ масляныя канавки и дырочки. Чтобы сдѣлать это надлежащимъ образомъ, вкладышъ долженъ быть поднятъ на палубу и работа должна производиться при дневномъ свѣтѣ, такъ какъ при желтомъ цвѣтѣ металла чрезвычайно трудно сдѣлать аккуратную работу при обыкновенномъ электрическомъ свѣтѣ. Весь задраный металлъ можетъ быть легко снятъ съ плоскихъ поверхностей обыкновеннымъ шаберомъ или шлифною пилой, а масляныя канавки очищаются маленькими круглыми напильниками съ согнутыми слегка концами въ видѣ крючковъ, такъ что они могутъ быть введены въ части канавокъ далеко углубленныя въ кольца. Если канавки слишкомъ мелки вслѣдствіе того, что рабочія поверхности стерлись, то, можетъ быть, придется изготовить маленькій слегка изогнутый рѣзецъ съ алмазнымъ наконечникомъ для того, чтобы достать до дальнихъ концовъ канавокъ. Когда канавки пропилены, надо зачистить ихъ кромки. Послѣ того, какъ работа съ канавками закончена и подшипникъ очищенъ, онъ готовъ для пригонки, которая производится такъ же какъ и пригонка запаснаго подшипника, описаніе которой приводится далѣе.

Если рѣшено пригнать запасный вкладышъ, то старый кладется въ сторонѣ, предназначаясь для посылки въ мастерскую, а запасный снимается съ его мѣста храненія. Эти запасныя части, обыкновенно, сохраняются въ корридорѣ вала или на переборкахъ машиннаго отдѣленія, тщательно прокрашенными свинцовыми бѣлилами и покрытыми парусиной. Названіе каждой запасной части и ея мѣсто ясно выбиты на ея задней сторонѣ или на концѣ и, обыкновенно, она снабжается ярлыкомъ, дающимъ тѣ же самыя указанія, такъ что не надо снимать покрышку при розыскѣ какой-либо вещи. Запасный подшипникъ долженъ быть взятъ на

палубу на хорошій свѣтъ и тщательно очищенъ отъ свинцовыхъ бѣлилъ, пыли, ржавчины и пр., такъ какъ при пригонкѣ частица ржавчины толщиною въ нѣсколько тысячныхъ дюйма можетъ вредно повліять на дѣло. Весьма цѣлесообразно дополнять чистку хорошимъ продуваніемъ всѣхъ дыръ, масляныхъ канавокъ и т. д. струею пара или сжатаго воздуха.

Какъ только старый вкладышъ снятъ со своего мѣста, валы, кольца валовъ, масляные поддоны и пр. тщательно очищаются отъ всѣхъ отдѣлившихся частицъ металла. Для облегченія этого полезно будетъ вскрыть сосѣдній главный подшипникъ, такъ какъ его масляные каналы, до нѣкоторой степени, будутъ нуждаться въ чисткѣ и, кромѣ того, при снятомъ главномъ подшипникѣ легче будетъ очищать повсюду масляный поддонъ. Особенная забота должна быть приложена къ тому, чтобы выбрать весь сработавшійся металлъ изъ масляныхъ поддоновъ и удержать его, насколько возможно, отъ входа въ сточныя масляныя трубы и къ тому, чтобы матеріалъ, употреблявшійся для чистки поддоновъ не былъ оставленъ въ нихъ, такъ какъ онъ можетъ попасть отсюда въ масляную систему. По этой причинѣ, предпочтительнѣе для чистки расходовать ветошь. Когда кольца вала вполнѣ очищены, ихъ рабочія поверхности тщательно просматриваются, чтобы не было шероховатостей, ризокъ и т. п. и, если на какихъ-либо кольцахъ будетъ найдена шероховатость, то она должна быть осторожно сглажена оселкомъ. Если даже всѣ кольца кажутся гладкими на ощупь, то имъ не повредитъ легкая шлифовка, такъ какъ полезное дѣйствіе подшипника сильно зависитъ отъ гладкости этихъ поверхностей. Обыкновенный оселокъ, если онъ не стертъ, слишкомъ толстъ, чтобы его можно было ввести между кольцами, и для избѣжанія необходимости пригонки его, лучше всего разломать по склеенному мѣсту на 2 части обыкновенный оселокъ для бритвъ, болѣе грубая сторона котораго подходитъ точно по формѣ и размѣру для этого примѣненія. Шлифовка камнемъ колецъ вала представляетъ медленную скучную работу, а сдѣланная плохо, даетъ худшіе результаты чѣмъ, если бы она вовсе

не производилась. Эта работа должна быть сдана хорошему заботливому человѣку, которому предоставляется много времени, лишь бы работа была исполнена тщательно. Валъ при этомъ поворачивается отъ времени до времени на часть оборота для удобства.

Когда кольца прошлифованы и подшипникъ тщательно вычищенъ, онъ кладется на мѣсто и въ передній зазоръ вводятся задерживающія кольца достаточной толщины, такъ что, когда роторъ поданъ впередъ вплотную къ подшипнику, то въ думмисахъ имѣется достаточный зазоръ. Къ муфтѣ или какой-либо подобной части вала приставляется домкратъ и роторъ нажимается впередъ къ вкладышу насколько возможно плотнѣе. Для разъясненія послѣдующаго надо напомнить, что какъ бы хорошо ни былъ сдѣланъ упорный вкладышъ, можно поручиться, что въ немъ все-таки будутъ неодинаковые зазоры. Разстояніе между рабочими поверхностями двухъ сосѣднихъ колецъ можетъ слегка отличаться въ нѣкоторыхъ случаяхъ и на нихъ могутъ быть неровности внѣ предѣловъ точности обработки на станкахъ; поэтому, безъ пригонки запаснаго вкладыша на мѣстѣ нельзя получить того, чтобы всѣ кольца вала касались одинаково всѣхъ колецъ упорнаго подшипника.

Съ помощью комплекта щуповъ можетъ быть теперь составлена таблица, показывающая въ тысячныхъ дюйма величину, на которую каждое кольцо вала не доходитъ до соотвѣтствующаго кольца упорнаго подшипника; щупы вводятся съ каждой стороны вала между кольцами вала и подшипника. Такая таблица будетъ имѣть слѣдующій видъ:

Правый бортъ.	№№ колецъ съ кормы.	Лѣвый бортъ.
0,002″	Кольцо № 1	0,003″
0,010″	» № 2	0,008″
0,017″	» № 3	0,014″
0,005″	» № 4	0,003″
0,007″	» № 5	0,006″
. . .	. . . .	. . .
0,002″	Кольцо № 17	0,002″

(Надо запомнить, что эти зазоры сняты съ боковъ вала и, слѣдовательно, съ крайнихъ концовъ колецъ вкладышей, но они приблизительно покажутъ общій характеръ соприкасанія поверхностей этихъ колецъ). Разсматривая таблицу видимъ, что кольца № 1 и 17 пригнаны туго, № 4 почти туго, а №№ 2, 3 и 5 съ достаточнымъ зазоромъ. Разсмотрѣніе этихъ значеній для всѣхъ 17 колецъ даетъ только указаніе, что надо сдѣлать; а наилучшій выборъ колецъ, съ которыхъ надо снять металлъ, чтобы получить наибольшее число работающихъ колецъ, долженъ зависѣть отъ благоусмотрѣнія механика. Напримѣръ, если 16 колецъ соприкасаются, а у одного есть довольно порядочный зазоръ, то не будетъ особенной выгоды въ соскабливаніи металла со всѣхъ 16 колецъ, чтобы сдѣлать соприкасающимися всѣ 17; но, вообще, возможно будетъ съемкой металла съ рабочихъ поверхностей нѣсколькихъ колецъ привести всѣ съ наибольшимъ приближеніемъ къ такому положенію, чтобы зазоръ повсюду былъ въ среднемъ отъ 0,002″ до 0,004″. Дѣлая это, должно помнить, что это есть только предварительная приблизительная пригонка и, что настоящая пригонка вкладыша совершается позднѣе. Обращаясь теперь къ таблицѣ замѣтимъ, что, если съ колецъ № 1 и 17 будетъ снято—0,012″, съ № 2—0,007″, съ № 4—0,010″ и съ № 5 около 0,009″, то почти всѣ кольца вала будутъ прилегать къ упорнымъ кольцамъ. Для соскабливанія металла вкладышъ помѣщается на деревянныхъ козлахъ, которыя могутъ быть быстро сдѣланы на суднѣ; дѣлается это для того, чтобы вкладышъ былъ на удобной высотѣ й подъ наилучшимъ угломъ для работы. По даннымъ выше причинамъ важно, чтобы эта работа совершалась днемъ. Кольца подчищаются напильникомъ и шаберомъ и, послѣ того какъ снято необходимое количество металла, поверхности полируются оселкомъ. Для того, чтобы со всей поверхности кольца было снято одинаковое количество металла, обыкновенно дѣлаютъ малые С—образные калибры; они пригоняются по микрометру до требуемой толщины колецъ и работа отъ времени до времени провѣряется этими калибрами. Напримѣръ, если съ кольца толщиною 0,595″

предназначается снять 0,010″ металла, то калибръ дѣлается на 0,585″ и провѣркою отъ времени до времени все кольцо приводится къ этой толщинѣ.

Когда съ поверхностей колецъ снято достаточно металла и онѣ заполированы, весь вкладышъ тщательно очищается отъ опилокъ и частицъ металла, для чего лучше всего употреблять струю пара или сжатаго воздуха. Особенно надо заботиться о томъ, чтобы были чисты масляныя канавки и дырки. Вкладышъ затѣмъ можетъ быть положенъ на мѣсто въ подшипникъ.

Теперь надо пригнать кольца на мѣстѣ, что можетъ быть выполнено двумя способами. Быстрѣе всего можно сдѣлать такъ: разъединить крейсерскую турбину, прогрѣть турбину Н. Д., убѣждаясь опять, что въ думмисахъ есть достаточный зазоръ. Положить верхнюю крышку на мѣсто для того, чтобы предупредить перемѣщеніе ротора назадъ подъ дѣйствіемъ осевого давленія отъ пара и, чтобы можно было включить масляную систему. Послѣ этого турбину вращаютъ медленно паромъ въ теченіе двухъ или трехъ часовъ. Послѣ этого подшипникъ разбирается, нижній вкладышъ вынимается и высокія мѣста снимаются пилою и шаберомъ, какъ и прежде. Если команда очень опытная и старательная и хорошо понимаетъ исполняемую работу, то можно не ставить на мѣсто верхнюю крышку. Турбину можно медленно проворачивать только при одномъ нижнемъ вкладышѣ на мѣстѣ. Въ этомъ случаѣ упорный подшипникъ, такъ же какъ и передній главный подшипникъ Н. Д., долженъ отъ времени до времени смазываться вручную. При медленномъ проворачиваніи турбины у стѣнки бассейна съ малымъ давленіемъ пара при сообщенномъ винтѣ, осевое давленіе будетъ направлено впередъ и оно можетъ быть отъ времени до времени увеличиваемо (для производства достаточнаго тренія, чтобы намѣтить высокія мѣста) нажатіемъ ломомъ на какую-нибудь выступающую часть вала. Не нужно и говорить, что это представляетъ довольно щекотливую операцію въ то время, когда валъ вращается. Въ томъ случаѣ, когда верхняя крышка не ставится на мѣсто, то въ видѣ предосторожности лучше всего

ставить на мѣсто установочный приводъ (будетъ описанъ позже).

Эта пригонка упорныхъ колецъ вращеніемъ турбины и послѣдующей шаберовкою повторяется до тѣхъ поръ, пока не будетъ получено хорошаго соприкосновенія поверхностей всѣхъ или почти всѣхъ колецъ. Наилучшій способъ выполненія этого, хотя требующій значительно большаго времени, заключается въ томъ, чтобы собирать все и повторно выходить въ море на 10 или 12 часовъ со скоростью около 10 узловъ, вскрывая подшипникъ и снимая высокія мѣста по прежнему послѣ каждаго пробѣга, и повторять это, пока не будетъ получена хорошая рабочая поверхность у всѣхъ колецъ.

Тѣмъ, кто имѣлъ опытъ только съ поршневыми машинами будетъ, вѣроятно, казаться чрезмѣрной и ненужной такая степень точности пригонки упорнаго подшипника, но надо замѣтить, что отъ этихъ подшипниковъ зависитъ многое и почти всякій случай нагрѣва упорнаго подшипника можетъ быть, обыкновенно, приписанъ ихъ плохой пригонкѣ. Кромѣ того, такъ какъ они тѣсно связаны съ зазоромъ въ думмисахъ, то неисправность въ нихъ вызываетъ неисправность въ думмисахъ и, какъ слѣдствіе этого, поломку турбины. Если упорные подшипники сдѣланы изъ надлежащаго металла и съ самаго начала хорошо пригнаны, то отъ нихъ не ожидается никакого безпокойства; но если работаютъ приблизительно только 11 или 12 колецъ изъ 17, то поврежденіе можетъ случиться въ любое время. На первый взглядъ, и не беря въ расчетъ того, что аксіальное давленіе отъ пара почти уравновѣшиваетъ при всѣхъ скоростяхъ аксіальное давленіе отъ винта, упорный подшипникъ турбины средняго размѣра выглядитъ слишкомъ малымъ по отношенію къ развиваемой силѣ механизмовъ и естественно сваливать всю вину нагрѣва подшипниковъ на недостаточную опорную поверхность. Въ тѣхъ случаяхъ, когда это дѣйствительно вѣрно, недостаточная опорная поверхность въ 99 случаяхъ изъ 100 есть слѣдствіе не слишкомъ малаго количества или малыхъ размѣровъ колецъ, а скорѣе малаго количества дѣйствительно работающихъ колецъ.

Когда турбины находятся въ постройкѣ въ мастерской, дни и даже недѣли проводятся за пригонкою упорныхъ подшипниковъ. Турбины собираются и періодически работаютъ немно говремени подъ паромъ; подшипники послѣ этого снимаются и шаберуются, какъ описано, и эта операція повторяется десятки разъ, пока не будетъ увѣренности, что поверхность соприкосновенія подшипника почти совершенна. Другой способъ, который употребляется въ нѣкоторыхъ мастерскихъ, заключается въ установкѣ подшипника на мѣсто и притиркѣ колецъ вала и подшипника смѣсью масла и очень мелко толченаго стекла, проворачивая турбину очень медленно паромъ. Въ рукахъ очень осторожнаго человѣка этотъ способъ, дѣйствительно, даетъ почти совершенно соприкасающіяся поверхности, но этотъ методъ съ трудомъ можетъ употребляться для пригонки подшипника на суднѣ. Даже съ наибольшими предосторожностями, которыя только могутъ быть приняты, всегда будетъ опасеніе, что стекло можетъ попасть въ масляный трубопроводъ.

Перестановка подшипника. При установкѣ исправленнаго или запаснаго нижняго вкладыша и сборкѣ подшипника желательно: вопервыхъ, провѣрить вновь постоянную думмиса; вовторыхъ установить думмисы на минимальный зазоръ 0,020″, такъ какъ это дѣлалось бы при новомъ подшипникѣ и дать ему большой зазоръ, пока онъ не будетъ испытанъ на дѣлѣ; втретьихъ сдѣлать въ упорномъ подшипникѣ зазоръ для масла 0,010″.

Послѣдовательность дѣйствій слѣдующая: собрать главный подшипникъ, оставляя натяжные болты верхней крышки умѣренно слабыми. Потомъ положить на мѣсто нижнюю половину упорнаго подшипника и убѣдиться, что штокъ микрометра находится въ положеніи у стопора. Задерживающихъ колецъ въ подшипникѣ еще нѣтъ. Теперь ставится на мѣсто установочный приводъ. Онъ сдѣланъ изъ литой бронзы, похожъ по внѣшнему виду на небольшую часть верхняго упорнаго вкладыша и имѣетъ 2 или 3 кольца. Онъ поддерживается двумя лапками, которыя одѣваются на шпильки, удерживающія приборъ отъ движенія въ продольномъ направленіи, а сами кольца могутъ быть передвигаемы впе-

редъ и назадъ, такъ какъ все устройство представляетъ собою конструкцію, похожую на винтовой суппортъ. Основаніе инструмента одѣвается на шпильки горизонтальнаго фланца нижней половины упорнаго подшипника, а кольца его помѣщаются между 2 или 3 кольцами вала. Проворачиваніемъ ключемъ винтовъ въ суппортахъ, эти кольца могутъ передвигаться въ продольномъ направленіи, подавая впередъ или назадъ валъ и роторъ. Посредствомъ этого привода роторъ вызывается впередъ, пока думмисы точно не прійдутъ въ соприкосновеніе. Это положеніе отъ времени до времени узнается пробой, вращать валъ помощью валоповоротнаго привода, пока роторъ не «захватитъ», т. е. пока треніе между думмисовыми полосами и кольцами не будетъ достаточнымъ для остановки вращаемаго вала. При нахожденіи этого положенія требуется нѣкоторая осторожность, такъ какъ можетъ случиться, что кольца вала будутъ «захвачены» установочнымъ приводомъ и упорнымъ подшипникомъ и, слѣдовательно, валъ будетъ держаться ими, а не думмисами. Когда валъ начинаетъ «захватываться», полезно будетъ ослабить установочный приводъ и потомъ снова попробовать тронуть валъ приводомъ, чтобы убѣдиться, остается ли онъ все еще «захваченнымъ». Если это такъ, то думмисы теперь находятся въ соприкосновеніи и разница между отсчетами микрометра, прижатаго къ ротору и къ стопорной планкѣ, должна сходиться съ первоначальной постоянной думмиса, выбитой на микрометрѣ. Если получается полное сходство или разница только на 0,001″ или 0,002″, то все можно считать правильнымъ, но если разница болѣе 0,005″, то существуетъ какая то неправильность или въ постоянной или въ приспособленіи для ея измѣренія. Постоянная можетъ измѣниться вслѣдствіи того, что думмисы слегка стерлись при случайномъ касаніи. Если найдена разница болѣе 0,005″, вся операція должна быть повторена, по крайней мѣрѣ, три или четыре раза съ холодною и горячею турбиною и, если каждый разъ получается одно и то же, то постоянная должна быть замѣнена новою. Абсолютно необходимо, чтобы постоянная никогда не была измѣнена до тѣхъ поръ, пока она не опредѣлена точно серіями

различныхъ испытаній, такъ какъ измѣненіе этой постоянной указываетъ на перемѣну условій внутри турбины и, пока не опредѣлена и провѣрена нѣсколько разъ величина такого измѣренія, будетъ опасно дѣлать какую-либо перемѣну постоянной, такъ какъ фактъ измѣненія постоянной думмиса слишкомъ важенъ, чтобы основываться хоть отчасти на предположеніяхъ.

Замѣтимъ, что указанія Компаніи Парсонса и всѣхъ другихъ строителей этихъ турбинъ сходятся въ томъ взглядѣ, что должны быть сдѣланы всѣ установки думмисовъ въ прогрѣтой турбинѣ. Опыты показываютъ, что разница между отсчетами микрометра, снятыми съ горячей и холодной турбины много меньше, чѣмъ вообще думаютъ, и существующая разница, обыкновенно, относительная, а поэтому получаются довольно точные результаты. Хотя для безопасности должна быть сдѣлана, по крайней мѣрѣ, хоть одна установка думмисовъ при горячей турбинѣ.

Послѣ опредѣленія новой постоянной или тщательной провѣрки старой, слѣдующей работой будетъ установка нижняго вкладыша для зазора въ думмисахъ 0,020″. Поддерживая роторъ помощью лома или домкрата въ томъ положеніи, когда думмисы соприкасаются, нижній вкладышъ подается въ своемъ стулѣ, пока его заднія поверхности не упрутся вплотную въ кольца вала. Передній зазоръ въ стулѣ тщательно измѣряется и предположимъ, что онъ найденъ равнымъ 0,495″. Если это пространство будетъ сдѣлано равнымъ 0,495″ + 0,020″ = 0,515″, то подшипникъ и роторъ отойдутъ назадъ на такую величину, что будутъ отстоять отъ первоначальнаго положенія на 0,020″ или, другими словами, зазоръ въ думмисахъ станетъ 0,020″. Соотвѣтственно этому, роторъ и установочный подшипникъ продвигаются назадъ настолько, чтобы въ передній зазоръ можно было заложить комплектъ задерживающихъ колецъ общей толщины въ 0,515″. Подобнымъ же образомъ измѣряется задній зазоръ и предположимъ, что онъ равенъ 0,475″; въ это пространство вкладывается комплектъ колецъ общей толщины меньше зазора на 0,005″ или 0,010″.

Теперь ставится верхняя крышка и собирается весь подшипникъ. Прежде чѣмъ продолжать работу дальше, надо окончательно осмотрѣть, чтобы масляный поддонъ и нижній вкладышъ были чисты отъ грязи, пакли и другого посторонняго матеріала. Затѣмъ берется верхняя крышка, подводится къ своему мѣсту и опускается, не доводя дюймовъ 6 до ея окончательнаго положенія. Горизонтальный и вертикальный фланцы главнаго и упорнаго подшипниковъ покрываются слегка обыкновеннымъ жидкимъ краснымъ шеллакомъ, какой употребляется для покрыванія палубы, остерегаясь, чтобы нисколько шеллака не попало на кольца вала и подшипника. Послѣ этого верхняя крышка опускается на мѣсто и крѣпится вертикальное соединеніе между нею и крышкой главнаго подшипника. Въ горизонтальное соединеніе вставляется нѣсколько болтовъ, но они не крѣпятся туго. Нажимаются гайки на болтахъ въ проушинахъ по бокамъ верхней крышки и она подается впередъ, пока роторъ не будетъ зажатъ или, другими словами, пока кольца вала не захватятся кольцами нижняго вкладыша съ одной стороны и кольцами верхняго вкладыша съ другой. Это положеніе ротора опредѣляется при помощи валоповоротнаго привода, какъ и ранѣе, вращая медленно роторъ, пока не будетъ видно, что онъ «захваченъ». Въ этотъ моментъ полезно взять отсчетъ микрометра и посмотрѣть, имѣется ли зазоръ въ думмисахъ 0,020″, такъ какъ при этомъ положеніи зазоръ долженъ быть именно такой. Гайки на болтахъ въ проушинахъ сдаются теперь назадъ, пока между болтами и корпусомъ не будетъ зазоръ по щупу 0,010″; болты застопориваются въ этомъ положеніи плотнымъ зажатіемъ обѣихъ гаекъ, и верхнія крышки упорнаго и главнаго подшипниковъ, которыя неизмѣнно скрѣплены другъ съ другомъ, подаются обратно назадъ до плотнаго безъ зазора касанія болтовъ въ проушинахъ къ корпусу турбины; всѣ натяжные болты ставятся на мѣсто во фланцы подшипниковъ и закрѣпляются. Роторъ теперь находится въ такомъ положеніи, что кольца вала прилегаютъ плотно къ кольцамъ нижняго вкладыша и зазоръ въ думмисахъ равенъ 0,020″. Кольца верхняго вкладыша не доходятъ до ко-

лецъ вала на 0,010″. Другими словами, роторъ можетъ теперь двигаться въ продольномъ направленіи на 0,010″ и, если не будетъ никакой игры во всей турбинѣ, то зазоръ въ думмисахъ будетъ всегда въ предѣлахъ отъ 0,020″ до 0,030″.

Вопросъ поддержанія зазоровъ въ думмисахъ нуждается въ нѣкоторомъ объясненіи. Вообще, всякій существующій зазоръ въ думмисахъ будетъ безопаснымъ, если только будетъ точно извѣстна его величина. Напримѣръ, если механикъ знаетъ, что его микрометры даютъ правильныя показанія и, что онъ можетъ взять отсчеты съ субъективною ошибкой только 0,001″, тогда зазоръ 0,004″, или 0,005″, или даже 0,002″ достаточенъ, если онъ остается неизмѣннымъ. Надо только тщательно наблюдать за нимъ, чтобы быть увѣреннымъ, что онъ не уменьшается. Съ другой стороны, если нельзя абсолютно полагаться на микрометръ и, если личная ошибка человѣка, берущаго отсчеты можетъ временами доходить до 0,005″, то зазоръ въ думмисахъ всѣхъ турбинъ долженъ быть поддерживаемъ 0,020″ или даже больше. Вообще, зазоры въ думмисахъ должны поддерживаться довольно большими первое время послѣ сдачи судна до тѣхъ поръ, пока весь составъ машиннаго отдѣленія не ознакомится вполнѣ съ самою установкою и со всѣми деталями микрометровъ и не будетъ имѣть значительной практики въ съемкѣ ихъ показаній. Когда команда освоится съ этимъ и будетъ достаточно напрактикована, такъ что въ силахъ будетъ сказать какія измѣненія зазоровъ въ думмисахъ ожидаются при перемѣнѣ силы или работающей комбинаціи, то слѣдуетъ постепенно уменьшать этотъ зазоръ, пока не будетъ установленъ обычный средній зазоръ во всѣхъ турбинахъ, скажемъ, около 0,012″ для всѣхъ потребностей. Зазоръ меньше 0,006″ слишкомъ малъ для обыкновеннаго плаванія, хотя временно вполнѣ безопасенъ, если увѣрены, что эти 0,006″ имѣются. Зазоръ больше 0,018″ вызываетъ слишкомъ большую потерю пара черезъ думмисы.

Вообще, зазоръ въ думмисахъ малыхъ турбинъ меньше чѣмъ зазоръ въ думмисахъ большихъ турбинъ. Зазоры въ турбинахъ истребителя меньше чѣмъ въ турбинахъ броне-

носца и, такимъ же образомъ, зазоры въ меньшихъ турбинахъ любой установки, обыкновенно, меньше зазоровъ въ турбинахъ Н. Д. той же установки. Въ турбинахъ коммерческихъ судовъ зазоры нѣсколько большихъ размѣровъ, чѣмъ въ турбинахъ военныхъ судовъ.

Глава XVI.

Поврежденія турбинныхъ установокъ.

Наиболѣе серьезное поврежденіе турбинной установки есть срываніе части облопатыванія въ одной или нѣсколькихъ турбинахъ; но, къ счастью, такіе случаи, обыкновенно, бываютъ при приготовленіи турбинъ къ ходу или при съемкѣ съ якоря, а на ходу въ открытомъ морѣ эти случаи весьма рѣдки. Поврежденіе лопатокъ при прогрѣваніи и приготовленіи турбинъ къ дѣйствію было разобрано пространно въ предыдущихъ главахъ, такъ что послѣдующія замѣчанія по смыслу суть только дополненія къ ранѣе сказанному.

Вообще, можно утверждать, что срываніе лопатокъ происходитъ по тремъ главнымъ причинамъ:

1. Попаданіе въ турбину какого-нибудь посторонняго тѣла, которое, приходя въ соприкасаніе съ облопатываніемъ, можетъ выбить одну или нѣсколько лопатокъ. Эти сломанныя лопатки при вращеніи попадаютъ въ другіе ряды лопатокъ, постепенно увеличивая область поврежденія, пока турбину не остановятъ. Этимъ постороннимъ веществомъ можетъ быть или выпавшій болтъ, или гайка, или плотныя массы воды, дѣйствующія какъ молотъ.

2. Можетъ быть недостатокъ въ самомъ облопатываніи, и одна или болѣе лопатокъ могутъ выскочить съ мѣстъ вслѣдствіи плохой конструкціи, разорвавшейся обвязки или плохого матеріала. Эта свободная лопатка проходитъ между другими лопатками и постепенно увеличиваетъ сферу поврежденія, какъ и въ первомъ случаѣ. Эти 2 причины тѣсно связаны между собою, такъ какъ лопатка, уже расшатанная отъ недостатка конструкціи, будетъ болѣе чувстви-

тельна къ поврежденію отъ ударовъ воды и т. п. чѣмъ та, которая хорошо держится на мѣстѣ.

3. Вслѣдствіе коробленія ротора или корпуса отъ неравномѣрнаго расширенія или вслѣдствіе просадки всего ротора при сильно сработавшемся или выплавившемся главномъ подшипникѣ, въ какой-нибудь точкѣ между роторомъ и корпусомъ можетъ не быть зазора и въ результатѣ будетъ задѣваніе лопатокъ. Если турбина вращается со сравнительно большой скоростью, то тепло, образующееся отъ тренія, быстро подплавляетъ лопатки, срывая или разстраивая облопатываніе и постепенно расширяя поврежденную поверхность.

Разсмотримъ эти три причины поврежденій. Поврежденіе по первой причинѣ имѣетъ малую вѣроятность, такъ какъ, если паровые фильтры содержатся въ надлежащемъ состояніи, то въ турбину не можетъ попасть почти никакого тяжелаго предмета, могущаго повредить лопатки. Можно быть увѣреннымъ, что вода, увлеченная въ турбины, или вовсе не даетъ поврежденія, или вредитъ незначительно даже при большомъ ея количествѣ, когда она идетъ сплошною массою. (При этомъ положеніи предполагается, что состояніе облопатыванія нормальное и, что оно хорошо укрѣплено). Надо припомнить, что срываніе лопатокъ обнаруживается только по его результатамъ и, когда происходитъ такой случай, то его стараются, обыкновенно, объяснить такъ, чтобы очистить личный составъ отъ подозрѣнія въ небрежности, а потому взгляды на такіе случаи съ турбинами иногда подвержены погрѣшностямъ. Хотя и есть довольно достовѣрные случаи, когда считали, что вода, увлеченная въ турбины была причиною поврежденія лопатокъ, но, съ другой стороны, авторъ замѣчалъ сильные водяные молота въ турбинѣ, работающей съ большою скоростью и эти удары массъ воды не давали даже самаго малаго поврежденія. Въ этомъ случаѣ, если нѣсколько лопатокъ уже сошли съ мѣста или расшатаны, вѣроятность поврежденія увеличивается. Вообще, вскипаніе воды всегда должно быть устраняемо и, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда сама вода въ котлахъ служитъ причиною

вскипанія, оно можетъ быть доведено до минимума только при легчайшей заботѣ.

Второй причиною срыванія лопатокъ, недостаткомъ въ нихъ самихъ, при современной постройкѣ турбинъ можно почти пренебречь. Конструкція если и не чрезвычайно жесткая, то все же достаточно прочная и, до тѣхъ поръ, пока совокупность причинъ не стремится сломать ее, она держится годами.

Третья причина, поскольку она можетъ дать поврежденіе турбинъ, въ то время, когда онѣ приготовляются къ дѣйствію или когда пускаются въ ходъ, уже была разсмотрѣна въ предыдущей главѣ. Остается, практически, одна только причина, по которой можетъ произойти срываніе лопатокъ турбины въ то время, когда судно въ морѣ—это выплавленіе или срабатываніе подшипника, вслѣдствіи чего роторъ можетъ просѣсть настолько, что радіальный зазоръ лопатокъ въ нижней части корпуса совершенно уничтожится. Можно быть увѣреннымъ, что послѣ того, какъ турбина была провернута паромъ, нѣтъ причины покоробиться ей настолько, чтобы произошло поврежденіе; но, безусловно, возможно значительное измѣненіе этого положенія. Можетъ случиться, что разъединенная турбина (такая какъ крейсерская) или вращающаяся въ пустотѣ можетъ стать достаточно покоробленною для того, чтобы произошло поврежденіе при пускѣ въ нее пара. Вѣроятіе этого весьма незначительно, такъ какъ всегда возможно начать прогрѣвать такія турбины черезъ дыхательные клапана за нѣсколько минутъ до ихъ пуска въ работу. Эти замѣчанія приложимы также и къ турбинамъ задняго хода, но опасность здѣсь еще меньше, такъ какъ эти турбины проектированы и построены съ большими вездѣ зазорами. Можетъ также случиться, что крейсерская турбина, которая работала подъ паромъ и внезапно переведена на пустоту, будетъ охлаждаться неравномѣрно и, послѣ вращенія въ пустотѣ въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, у нея можетъ произойти срываніе лопатокъ. Это было въ одномъ или двухъ случаяхъ, но, вообще, это очень рѣдкая причина безпокойства.

По дѣйствительнымъ указаніямъ въ машинномъ отдѣленіи срываніе лопатокъ или подобныя поломки въ турбинѣ могутъ быть раздѣлены на 2 класса: такія, которыя обнаруживаются слухомъ и такія, которыя видны по работѣ самой турбины. Срываніе лопатокъ можетъ сопровождаться тонкимъ шумомъ отъ тренія въ турбинѣ, который можно опредѣлить наилучшимъ образомъ сказавъ, что это есть точно такой звукъ, который и ожидался бы отъ этой причины. Съ другой стороны, имѣются документальные случаи, что въ турбинахъ происходило срываніе лопатокъ безъ этого шума. Иногда, въ помощь ушамъ, для обнаруженія какого-либо разстройства во внутренности турбины употребляются различныя приспособленія. Они, обыкновенно, дѣлаются въ видѣ металлической палочки, одинъ конецъ которой прикладывается къ какой-либо части корпуса турбины, а другой къ уху. Почти тѣ же самые результаты могутъ быть достигнуты прикладываніемъ уха возможно плотнѣе къ какой-нибудь постоянной части корпуса турбины, какъ напримѣръ, къ штоку предохранительнаго клапана. На пробныхъ пробѣгахъ нѣкоторыхъ новыхъ турбинныхъ судовъ доходили до крайности и употребляли обыкновенный стетоскопъ для изслѣдованія состоянія внутри турбинъ. Для всѣхъ практическихъ судовыхъ цѣлей ухо, приложенное къ не покрытой постоянной части корпуса, даетъ достаточно благонадежное указаніе. Если въ турбинѣ все нормально, то будетъ слышаться только постоянный глухой шумъ, производимый паромъ при его проходѣ черезъ лопатки. Легкое треніе будетъ указываться шуршаніемъ, которое всегда можетъ быть отличено отъ нормальнаго звука, производимаго паромъ.

Самое наилучшее указаніе о работѣ турбины даетъ величина давленія, которое требуется для страгиванія ея при первоначальномъ проворачиваніи паромъ послѣ прогрѣванія. Напримѣръ, если извѣстная турбина прежде проворачивалась легко при давленіи 2 ℔ по манометру и пустотѣ 10″, а теперь при той же пустотѣ для ея проворачиванія требуется 8 ℔, то можно предположить, что состояніе внутри турбины ненормально, если только манометры даютъ

правильныя показанія. Если такое положеніе продолжается, или съ теченіемъ времени ухудшается, другими словами, если давленіе, необходимое для страгиванія турбины, или давленіе, необходимое въ какой-нибудь турбинѣ для производства извѣстной скорости становится все больше и больше, то необходимо будетъ вскрыть эту турбину при ближайшемъ удобномъ случаѣ для осмотра. Если дѣйствительное срываніе лопатокъ при съемкѣ съ якоря и при прогрѣваніи не указывается нѣкоторымъ шумомъ, то оно, обыкновенно, проявляется въ видѣ постепеннаго замедленія вращенія и, въ концѣ концовъ, остановки турбины.

Если случилось срываніе лопатокъ турбины, то для исправленія поврежденія не будетъ достаточно силъ и средствъ судового состава, особенно если судно находится въ морѣ далеко отъ ремонтной базы. Между тѣмъ, одна изъ выгодъ расположенія нѣсколькихъ турбинъ на трехъ или болѣе валахъ заключается въ томъ, что срываніе лопатокъ въ одной турбинѣ не можетъ уменьшить скорость или маневрирующую силу судна до серьезнаго положенія. Напримѣръ, пароходъ Cuard'ской компаніи «Mauretania» сдѣлалъ нѣсколько трансатлантическихъ переходовъ съ сравнительно высокой скоростью только съ тремя, а въ одномъ случаѣ только съ двумя работающими валами изъ четырехъ.

Если при трехвальномъ расположеніи, разсматриваемомъ только какъ примѣръ, произойдетъ срываніе лопатокъ въ турбинѣ К. В. Д., то эта турбина можетъ быть вполнѣ разъединена, и въ результатѣ будетъ только небольшая потеря въ экономіи при низкихъ крейсерскихъ скоростяхъ. Если повреждена К. С. Д. турбина, то могутъ быть разъединены обѣ крейсерскія турбины и судно остается на Г. В. Д. комбинаціи, теряя немного въ экономіи при низкихъ скоростяхъ. Если случится поврежденіе въ Г. В. Д. турбинѣ, то обѣ крейсерскія турбины должны быть разъединены, средній валъ законтренъ, чтобы предупредить его вращеніе съ возможнымъ дальнѣйшимъ поврежденіемъ лопатокъ и судно идетъ подъ маневрирующей комбинаціей. Въ этомъ случаѣ, скорость и сила много меньше, но, употребляя полную котель-

ную мощность, можетъ быть дано около $^2/_3$ полной скорости. Если поврежденіе произойдетъ или въ турбинѣ Н. Д., или въ турбинѣ задняго хода, то этотъ валъ застопоривается для предотвращенія его дальнѣйшаго вращенія и невозвратный клапанъ между Г. В. Д. турбиною и этою турбиною Н. Д. закрывается. Судно можетъ теперь итти подъ Г. В. Д. и другою турбиною Н. Д., посылая весь отработавшій паръ въ одинъ холодильникъ. Въ этомъ случаѣ 2 вала могутъ работать впередъ и одинъ назадъ и одинъ холодильникъ долженъ будетъ справляться съ такою увеличенною перегрузкою. На основаніи тѣхъ же разсужденій, если поврежденіе произойдетъ въ какихъ-нибудь двухъ турбинахъ сразу, то и это не выведетъ судна вполнѣ изъ дѣйствія, хотя бы это были обѣ турбины Н. Д., такъ какъ даже въ этомъ случаѣ, застопоривая оба бортовыхъ вала для предупрежденія ихъ вращенія, будетъ, обыкновенно, возможно итти медленно впередъ на среднемъ валу, впуская въ Г. В. Д. столько пара, сколько можетъ пройти въ холодильникъ черезъ промежутки между сорванными лопатками турбинъ Н. Д. Въ этомъ случаѣ судно не будетъ имѣть хода назадъ. Тѣ же самыя разсужденія покажутъ, что судно способно еще будетъ двигаться, если сразу выйдутъ изъ строя три турбины, несмотря на то, что это будутъ 3 главныя турбины; и даже, если только одна турбина Н. Д. будетъ въ исправномъ состояніи, другія 4 турбины могутъ быть вполнѣ сломаны, не выведя этимъ судна вполнѣ изъ дѣйствія.

Въ связи съ излагаемымъ есть одинъ вопросъ, достойный вниманія въ смыслѣ будущаго развитія турбинныхъ судовъ. Предполагалось, что совершая большія крейсированія во время войны, малыя суда, такія какъ миноносцы, будутъ буксироваться бо́льшими, или можетъ случиться въ любое время, что необходимо будетъ взять турбинное судно на буксиръ. Если турбинное судно типа истребителя буксируется со скоростью болѣе 5 узловъ, то его валы будутъ вращаться. Чтобы предотвратить возможность поврежденія лопатокъ при такомъ вращеніи валовъ, можно или застопорить всѣ валы, не давая имъ вращаться, или вращать ихъ такимъ

давленіемъ пара (при К. В. Д. комбинаціи), чтобы дать судну скорость 5 или 6 узловъ. Послѣдній способъ будетъ гораздо благоразумнѣе, такъ какъ машины въ этомъ случаѣ всегда будутъ готовы къ неожиданности и торможеніе винтовъ не будетъ увеличивать натяженіе буксира; но, съ другой стороны разница въ расходѣ горючаго между крейсированіемъ при свободномъ плаваніи въ морѣ при 10 узлахъ и поддержаніемъ турбинъ вращающимися при 5 или 6 узлахъ будетъ почти незамѣтна.

Суммируя все сказанное относительно поломокъ, происходящихъ отъ срыванія лопатокъ въ турбинахъ, замѣтимъ слѣдующіе важные пункты:

1. Вѣроятіе срыванія лопатокъ наибольшее при прогрѣваніи и при съемкѣ съ якоря; оно очень малое или его вовсе не слѣдуетъ опасаться послѣ того, какъ турбины провернуты впередъ, конечно, если имѣется опытный уходъ.

2. Когда въ турбинѣ произошло срываніе, то поврежденіе, обыкновенно, настолько серьезно, что эта турбина остается выведенной изъ дѣйствія, пока не будетъ сдѣланъ ремонтъ на заводѣ.

3. Почти не можетъ быть настолько серьезнаго случая срыванія лопатокъ, чтобы вывести судно вполнѣ изъ дѣйствія.

Течь холодильниковъ. Отсутствіе вибраціи и, вообще, употребленіе усовершенствованныхъ холодильниковъ при турбинныхъ установкахъ въ сильной степени предупреждаютъ обычныя поврежденія холодильниковъ, исключая ихъ окончательное разъѣданіе. Турбина еще настолько сравнительно нова въ Американскомъ военномъ флотѣ, что пока имѣется мало данныхъ относительно вліянія на турбины, сильно текущихъ холодильниковъ и засоленыхъ котловъ при продолжительномъ походѣ. Изъ-за отсутствія такихъ данныхъ приведемъ нѣкоторыя мнѣнія, которыя, отъ времени до времени, выдвигаются различными турбинными авторитетами.

Течь холодильника, обыкновенно, указывается небольшимъ паденіемъ пустоты или обычными пробами питательной воды. Самое незначительное количество соли въ питательной водѣ

порождаетъ стремленіе къ сильному вскипанію и это даетъ въ результатѣ не только серьезную потерю въ экономіи и портитъ набивку паровой магистрали, но, несомнѣнно, представляетъ неестественный элементъ опасности для самихъ турбинъ. Вода, выбрасываемая изъ засоленныхъ котловъ, содержитъ всегда извѣстное количество солей, которыя осаждаются въ видѣ твердой накипи, когда вода попадаетъ на болѣе холодный предметъ. Эта затвердѣвшая накипь чрезвычайно трудно снимается съ предмета, къ которому пристала. Легко понять, что такой осадокъ въ турбинѣ можетъ сдѣлаться настолько большимъ, что лопатки станутъ шероховатыми и, вслѣдствіи этого, будутъ представлять бо̀льшее сопротивленіе теченію пара черезъ турбину, что дастъ въ результатѣ постоянное серьезное уменьшеніе всего полезнаго дѣйствія установки; болѣе того, этотъ осадокъ можетъ сдѣлаться настолько большимъ, что почти закроетъ проходы между лопатками первыхъ нѣсколькихъ рядовъ. Кажется вѣроятнымъ, что этотъ осадокъ въ какой-нибудь части облопатыванія, можетъ увеличиться до такихъ размѣровъ, что будетъ вредно влiять на точное уравновѣшеніе ротора. Во всякомъ случаѣ, на продолжительномъ переходѣ могутъ получиться серьезныя поврежденія турбинъ; поэтому, при первомъ указаніи, что холодильникъ течетъ, этотъ холодильникъ долженъ быть выключенъ изъ дѣйствія, пока не будетъ исправленъ и опробованъ. Процессъ открыванія холодильника на ходу судна представляетъ нѣкоторыя необычныя трудности при турбинной установкѣ. Легко изолировать одну турбину Н. Д. и холодильникъ, поддерживая умѣренную крейсерскую скорость среднимъ и другимъ бортовымъ валами и, посылая весь отработавшій паръ черезъ одну турбину Н. Д. въ другой холодильникъ. Но между турбиною Н. Д. и холодильникомъ не устанавливается никакого клапана и послѣ выключенія тяжелой турбины Н. Д. она еще долго остается очень горячею; такъ что, если даже турбина Н. Д. и холодильникъ вполнѣ разъединены отъ остальной части установки, то какъ только будетъ выпущена циркуляціонная вода изъ холодильника, теплота изъ этой турбины пойдетъ въ холодильникъ черезъ выпускной

патрубокъ и приведетъ его сразу къ ненормально высокой температурѣ. Если установлены холодильники, изогнутые по дугѣ съ раскатанными трубками, эта температура не можетъ принести никакого вреда кромѣ того, что раздача концовъ трубокъ оправкою или другое уничтоженіе течи, будетъ непріятною и трудною работою; но, если холодильникъ обыкновеннаго типа съ набивочными втулками, то температура можетъ быть достаточной для того, чтобы высушить или даже сжечь набивку сальниковъ трубокъ, давая въ результатѣ продолжительное поврежденіе холодильника. Съ другой стороны, если турбинѣ Н. Д. и холодильнику дать охлаждаться, то есть вѣроятіе, что турбина Н. Д. можетъ покоробиться и лопатки начнутъ тереться при пускѣ турбины опять послѣ исправленія поврежденія. Если ея валъ не застопоренъ, она можетъ провернуться вслѣдствіи тормозящаго дѣйствія винта и, этимъ путемъ, можетъ повредить сама себя при охлажденіи. Если охлажденіе турбины, болѣе или менѣе, однообразно по всей ея длинѣ, то вѣроятіе такого поврежденія становится меньше, но ни какимъ образомъ нельзя обезпечить, чтобы это охлажденіе было однообразнымъ, когда остальная часть установки находится въ работѣ.

Если переходъ сравнительно короткій, то лучше всего будетъ выключить текущій холодильникъ и его турбину Н. Д., застопорить отъ вращенія бортовой валъ и продолжать итти въ портъ до возможности исправить холодильникъ. Если сразу принимаются за эти исправленія, то надо сдѣлать слѣдующее: Законтрить валъ, выключить вполнѣ турбину Н. Д. и прокачивать черезъ холодильникъ циркуляціонную воду, по крайней мѣрѣ, часъ, закрывъ плотно его соединеніе съ воздушнымъ насосомъ и аугменторомъ. Когда холодильникъ станетъ достаточно холоднымъ для безопасной работы, закрыть пріемный и отливной циркуляціонные кингстоны и осушить оба пространства холодильника, такъ какъ при прокачиваніи его циркуляціонною помпою для охлажденія соленая вода заполнитъ, вѣроятно, паровое пространство черезъ пропускающія мѣста. Потомъ вскрыть горловины для осмотра и, когда будетъ извѣстно,

что холодильникъ свободенъ отъ соленой воды, закрыть спускной кранъ изъ парового пространства и открыть пріемный клапанъ воздушнаго насоса, пока въ холодильникъ не поднимется достаточная пустота для того, чтобы можно было найти мѣсто пропуска. Замѣтимъ, что сальники турбины Н. Д. должны поддерживаться укупоренными паромъ; въ противномъ случаѣ, такъ какъ турбина Н. Д. и холодильникъ непосредственно соединены, то при повышеніи пустоты въ холодильникѣ воздухъ будетъ входить черезъ сальники турбины Н. Д. Когда пропуски обнаружены и уничтожены и холодильникъ готовъ къ употребленію, надо будетъ остановить машины на время, достаточное для того, чтобы освободить валы и прогрѣть турбину Н. Д. Это, обыкновенно, не беретъ много времени, такъ какъ турбина до сихъ поръ еще будетъ теплая и необходимо только провернуть ее приводомъ три или четыре раза, чтобы быть увѣреннымъ, что она вращается свободно.

Осмотръ или проба холодильника давленіемъ или пустотою затрудняется отсутствіемъ клапана на отработавшемъ патрубкѣ. Холодильникъ можно опробовать пустотою, пустивъ предварительно паръ къ сальникамъ турбины Н. Д. и закрывъ клапана на отработавшей трубѣ изъ Г. В. Д. въ турбину Н. Д., но при выщелачиваніи холодильника необходимо у большинства установокъ снять выпускной патрубокъ и заглушить отверстіе въ холодильникъ или, въ противномъ случаѣ, одновременно выщелачивать и турбину Н. Д. Въ нѣкоторыхъ болѣе современныхъ установкахъ въ выпускномъ патрубкѣ устраивается большой лазъ, черезъ который можно вводить заглушку изъ отдѣльныхъ частей, которыя потомъ укрѣпляются на болтахъ и, такимъ образомъ, отработавшій патрубокъ можетъ быть заглушенъ, не снимая его съ мѣста.

Иногда полагали, что, если судно шло въ теченіе нѣсколькихъ часовъ съ соленой водой, то всю систему турбинъ слѣдуетъ выщелачивать, тѣмъ болѣе, что котлы, работавшіе на соленой водѣ, должны выщелачиваться; въ крайнемъ же случаѣ, турбины должны быть промыты чистой прѣсной водою насколько возможно скорѣе послѣ остановки. Для

этого надо снять предохранительные клапана всѣхъ турбинъ и черезъ эти отверстія наполнить турбины обычнымъ составомъ: прѣсная вода, керосинъ и немного щелочи. Закрывъ всѣ соединенія съ воздушными насосами, въ турбины пускается подъ небольшимъ давленіемъ паръ по главной паровой магистрали или черезъ соединенія съ магистралью отработавшаго пара отъ вспомогательныхъ механизмовъ, и всѣ турбины въ теченіе нѣсколькихъ часовъ поддерживаются при температурѣ кипѣнія раствора, давая возможность испаренію выходить черезъ открытые предохранительные клапана. По истеченіи этого времени, паръ долженъ быть закрытъ, питательныя систерны открыты въ трюмъ и жидкость изъ всей системы выкачивается воздушными насосами. Теперь, черезъ отверстія предохранительныхъ клапановъ должна быть пущена въ турбины прѣсная вода и вся система турбинъ промыта дочиста отъ отставшаго осадка. Насколько извѣстно, до сихъ поръ еще не бывало необходимости принимать такія чрезвычайныя мѣры въ морской службѣ, хотя турбины часто промывались водою черезъ отверстія для предохранительныхъ клапановъ, причемъ вода послѣ этого спускалась черезъ продувательные краны.

Суммируя все вышеизложенное видимъ, что при турбинахъ безпокойства отъ холодильниковъ будетъ, обыкновенно, меньше и рѣже чѣмъ при поршневыхъ машинахъ. Но результаты продолжительнаго перехода при текущихъ холодильникахъ могутъ быть болѣе серьезными и, пока они не исправлены, надо принять всѣ предосторожности, чтобы это не принесло большого вреда. Въ случаѣ крайности, требующей, чтобы на соленой водѣ былъ сдѣланъ большой переходъ, благоусмотрѣніе механика и время, которое имѣется въ распоряженіи для пересмотра, опредѣлятъ средства, которыя надо принять для предотвращенія, могущаго послѣдовать поврежденія.

Выплавленіе подшипника. Различныя причины, вслѣдствіи которыхъ происходитъ нагрѣвъ и выплавленіе подшипниковъ, были уже разсмотрѣны, такъ что цѣль настоящей главы, указать способъ устраненія поврежденія, которое можетъ произойти отъ этихъ причинъ. Абсолютно

необходимо самое внимательное наблюденіе за всѣми подшипниками и немедленное уменьшеніе хода или остановка машинъ, какъ только будетъ замѣчена ненормальность, такъ какъ, если подшипникъ сгоритъ настолько, что валъ и роторъ просядутъ на большую величину, вся турбина можетъ быть сломана. Для того, чтобы можно было въ короткое время застопорить турбину послѣ того, какъ металлъ подшипника выплавится и прежде чѣмъ роторъ можетъ просѣсть настолько, чтобы получилось поврежденіе облопатыванія, подшипникъ имѣетъ нѣсколько поперечныхъ бронзовыхъ реберъ немного ниже поверхности бѣлаго металла; въ періодъ нѣсколькихъ секундъ между моментами выплавленія металла и остановкою турбинъ валъ ложится на эти ребра. Выплавленіе подшипника не особенно серьезное поврежденіе, если оно быстро замѣчено. Всѣ нижніе и верхніе вкладыши главныхъ подшипниковъ сдѣланы взаимозамѣняемыми и на суднѣ на обыкновенный несчастный случай имѣется достаточное количество запасныхъ частей. Надо только задержать отъ вращенія валъ, закрыть притокъ масла къ подшипнику, вынуть выплавившійся вкладышъ, а на его мѣсто поставить запасный, что займетъ 10 или 15 минутъ. Хотя вкладыши, обыкновенно, и дѣлаются взаимозамѣняемыми, но для каждаго подшипника въ этомъ случаѣ, вѣроятно, потребуется пригонка и поэтому запасный комплектъ, обыкновенно, дѣлается для каждаго подшипника отдѣльно, на немъ выбивается номеръ подшипника и, такимъ образомъ, онъ уже пригнанъ и приготовленъ для быстрой постановки на мѣсто. Важно, чтобы эти запасные подшипники содержались въ хорошемъ состояніи и, послѣ установки на мѣсто вкладыша въ поврежденный подшипникъ, выплавившійся вкладышъ долженъ быть при ближайшемъ удобномъ случаѣ перезалитъ и пригнанъ вновь, такъ что онъ становится запаснымъ. Запасныхъ упорныхъ вкладышей бываетъ, по крайней мѣрѣ, по одному верхнему и одному нижнему для каждой величины упорнаго подшипника. Кромѣ того, надо запомнить, что каждый случай сожженія упорнаго подшипника потребуетъ всегда тщательной очистки масляной системы и фильтраціи масла, чтобы преду-

предить поврежденіе остальныхъ подшипниковъ, включенныхъ въ масляную магистраль, мелкими частицами металла, попавшими въ масло.

Срабатываніе подшипника. Когда просадка подшипника станетъ болѣе 0,005″, онъ долженъ быть немедленно замѣненъ запаснымъ, причемъ надо удостовѣриться, что этотъ запасный вкладышъ приводитъ центръ вала въ надлежащее положеніе по высотѣ. Снятый нижній вкладышъ долженъ быть перезалитъ до требуемой высоты.

Пропуски масла въ соединеніяхъ. Если горизонтальный или вертикальный фланецъ подшипника пропускаетъ масло и поджатіе соединенія не останавливаетъ вполнѣ такой пропускъ, онъ, обыкновенно, временно останавливается покрываніемъ пропускающаго мѣста слоемъ обыкновеннаго краснаго шеллака.

Пропускъ въ соединеніяхъ турбинъ и сальниковъ. Въ случаѣ выдуванія или меньшаго пропуска въ соединеніи на турбинѣ или сальникѣ, если дальнѣйшее подкрѣпленіе фланцевыхъ болтовъ не достаточно для полнаго прекращенія его, то заполненіе пропускающей щели массою подъ названіемъ «Smooth-On» или другимъ подобнымъ составомъ обыкновенно, останавливаетъ или уменьшаетъ пропускъ до незначительныхъ размѣровъ.

Трещина верхней крышки подшипника. Иногда, на отливкахъ верхнихъ крышекъ подшипниковъ обнаруживаются въ службѣ трещины, вѣроятно, вслѣдствіе внезапнаго пуска заливанія. Такія отливки должны быть временно исправлены и укрѣплены желѣзной полосой, согнутой по кривизнѣ крышки и снабженной лапками для укрѣпленія на шпилькахъ горизонтальнаго фланца. Въ томъ случаѣ, если въ трещину течетъ масло, это можетъ быть прекращено заполненіемъ трещины растворомъ глета въ маслѣ и прокладываніемъ тонкой листовой резины, нажимая этотъ прокладочный матеріалъ желѣзною полосой.

Чрезмѣрное давленіе въ турбинахъ. Корпуса всѣхъ турбинъ пробуются давленіемъ значительно большимъ ихъ рабочаго; но какъ предупрежденіе и, до нѣкоторой степени, для предохраненія отъ чрезмѣрнаго увлеченія воды, всѣ тур-

бины снабжаются предохранительными клапанами, установленными на давленія немного выше проектированныхъ рабочихъ давленій. Отъ строителей судна слѣдуетъ всегда брать первоначальныя установки этихъ клапановъ и потомъ пробовать ихъ 1 разъ въ каждые 6 мѣсяцевъ, заботясь, чтобы ихъ установки не перемѣнялись въ этотъ промежутокъ времени. Пробовать ихъ на мѣстѣ на турбинахъ непрактично, а лучше подождать такого удобнаго случая, какъ захода на заводь, когда производится очередная проба котловъ и арматуры.

Потеря винта и поломка вала. Если не установлено никакого регуляторнаго механизма или установленный не выполняетъ своихъ функцій, то въ такомъ случаѣ необходимо возможно быстрѣе закрыть паръ въ турбины на поврежденныхъ валахъ и перейти на турбины другихъ валовъ. При хорошемъ первоначальномъ проектѣ совершенно не надо даже безпокоиться при такомъ случаѣ съ турбинами, такъ какъ вслѣдствіи отсутствія вибраціи не будетъ, вѣроятно, такихъ недостатковъ, какъ ослабленіе соединеній и т. п. Если регуляторъ не работаетъ и не закрываетъ регуляторный клапанъ въ томъ случаѣ, когда при ходѣ судна большою скоростью теряется винтъ или ломается валъ, то послѣдующее поврежденіе можетъ быть больше чѣмъ въ томъ случаѣ, если не было установлено никакого регулятора. Это не приложимо ни къ судамъ съ нефтянымъ отопленіемъ, гдѣ огонь можетъ быть быстро регулируемъ, ни къ большимъ судамъ съ такими котлами, въ которыхъ паръ поднимается медленно и предохранительные клапана соразмѣрной величины. Но на быстроходныхъ судахъ съ угольнымъ отопленіемъ при закрываніи регуляторнаго клапана, котлы имѣютъ ненормально сильный огонь и въ котельныхъ отдѣленіяхъ поддерживается весьма большое давленіе воздуха; паръ никуда не выходитъ изъ котловъ, исключая небольшого количества, употребляемаго на вспомогательные механизмы. Опытъ показалъ, что на одномъ изъ такихъ судовъ предохранительные клапана были слишкомъ малы, чтобы справиться съ такимъ положеніемъ и, если бы за этотъ промежутокъ времени и не произошло никакого реальнаго поврежденія, все же для заглушенія огня и уменьшенія давленія, вѣроятно, пришлось

бы вывести судно изъ строя, по крайней мѣрѣ, на часъ. Кромѣ того, даже при открываніи соединительной трубы для уравниванія давленій пара съ двухъ сторонъ регуляторнаго клапана, открываніе этого клапана, послѣ того какъ онъ закрылся подъ большимъ давленіемъ, представитъ, вѣроятно, нѣкоторыя затрудненія.

Закипаніе дыхательныхъ клапановъ въ открытомъ положеніи и соскакиваніе ихъ со своихъ штоковъ. Иногда случалось, что дыхательный клапанъ закипалъ въ открытомъ положеніи или соскакивалъ со своего штока, такъ что его нельзя было закрыть. Если случается такое поврежденіе, то надо остановить машины или уменьшить ходъ и всѣ измѣненія скорости, исключая перемѣны направленія хода, могутъ быть получены быстрымъ манипулированіемъ стопорными переборочными клапанами. Если есть возможность, то лучше всего застопорить машины, закрыть плотно переборочные клапана и дать дыхательнымъ клапанамъ охладиться настолько, чтобы ихъ можно было разобрать и осмотрѣть. Если такое обстоятельство случается при сравнительно критическомъ положеніи, то слѣдуетъ закрыть невозвратный клапанъ на выпускной трубѣ изъ предыдущей турбины въ рабочей комбинаціи и закрыть продуваніе этой турбины, давая этимъ возможность пару подъ полнымъ котельнымъ давленіемъ входить въ эту турбину, но не итти далѣе. Стопорные переборочные клапана должны быть теперь прикрыты, чтобы уменьшить давленіе пара до безопаснаго для впуска во весь корпусъ турбины, скажемъ, до 175 ℔ или 200 ℔, если проектированное давленіе 250 ℔, и судно можетъ итти подъ маневрирующими турбинами. При этомъ, если заклинился въ открытомъ положеніи дыхательный клапанъ Г. В. Д., то средній валъ долженъ быть задержанъ отъ вращенія; если же не дѣйствуетъ дыхательный клапанъ крейсерской турбины, то она вполнѣ выключается изъ дѣйствія.

Неисправности или поломки вспомогательныхъ механизмовъ. Изъ практики выведено, что вспомогательные механизмы турбинной установки подвержены обычнымъ поломкамъ и, въ то время какъ уходъ за главными машинами

при обыкновенномъ плаваніи уменьшается до минимума, можно удѣлить значительно больше времени уходу за вспомогательными механизмами. На судахъ съ большой скоростью, усилія должны быть направлены къ содержанію въ наилучшихъ условіяхъ питательныхъ помпъ, такъ какъ недостатокъ въ нихъ, вѣроятно, самый серьезный, который только можетъ быть наблюдаемъ.

Циркуляціонныя помпы. По той причинѣ, что при пробѣгахъ большою скоростью эти насосы должны работать чрезвычайно большимъ ходомъ для поддержанія высокой пустоты, они должны быть періодически и тщательно перебираемы. На истребителяхъ или другихъ мелкосидящихъ судахъ, гдѣ пріемныя рѣшетки расположены сравнительно близко къ поверхности воды, онѣ очень подвержены засоренію морской травой или плавающимъ мусоромъ съ послѣдующей потерею пустоты, а такъ какъ даже малое уменьшеніе пустоты даетъ цѣнную потерю въ экономіи, то эти рѣшетки должны быть часто и хорошо продуваемы. Перегрузка циркуляціонныхъ помпъ часто бываетъ результатомъ частичнаго засоренія рѣшетокъ.

Глава XVII.

Разборка турбинъ.

Необходимость вскрыванія турбинъ можетъ быть по двумъ причинамъ: Въ одной или нѣсколькихъ турбинахъ можетъ быть такое поврежденіе, какъ срываніе лопатокъ, срываніе думмисовой набивки и т. д., требующее открываніи турбины для ремонта. Или же можетъ быть необходимо разобрать одну или болѣе турбинъ для обычнаго осмотра. Работы, необходимыя при вскрываніи турбинъ, будутъ зависѣть, конечно, отъ числа вскрываемыхъ турбинъ, причины разборки и размѣщенія снятыхъ корпусовъ и роторовъ въ машинномъ отдѣленіи. По этой причинѣ, до начала работы должно быть опредѣленно выяснено, какія турбины будутъ разбираться, будутъ ли какія-нибудь части турбинъ вынуты изъ судна и будутъ ли роторы совершенно выниматься изъ нижнихъ частей корпусовъ или только осматриваться на мѣстѣ. Во многихъ случаяхъ, расположеніе ротора и верхней половины корпуса турбины зависитъ въ большой степени отъ состоянія, которое будетъ извѣстно только послѣ разборки турбины; но, обыкновенно, заранѣе уже бываетъ рѣшено, будетъ ли ожидаемый ремонтъ исполняться на суднѣ или въ какой-нибудь береговой мастерской.

Когда опредѣлено точно, какія турбины будутъ вскрываться, то тщательной распланировкой деталей надо стремиться насколько возможно больше упростить работу. Однимъ изъ аргументовъ противъ установки турбинъ на судахъ выставлялось мнѣніе, что разборка и осмотръ турбины беретъ слишкомъ много времени, предположительно, отъ нѣсколькихъ недѣль до нѣсколькихъ мѣсяцевъ. Но надо припомнить, что вскрываніе турбинъ бываетъ необхо-

димо только черезъ весьма рѣдкіе промежутки времени и работа сильно упрощается тщательной и опытной распланировкою. Прежде часто случалось, что вскрываніе турбинъ дѣлалось людьми, которые имѣли только смутное понятіе о производимой работѣ и не удивительно, что при такихъ условіяхъ дѣлалось много не нужной работы и тратилось много времени.

Выяснивъ сначала точно, какія турбины будутъ открываться, прежде всего надо освободить машинное отдѣленіе отъ трубъ, половыхъ листовъ, поручней и вообще всего, что можетъ мѣшать подъему корпуса и ротора. Это весьма важно, и должно быть сдѣлано прежде всего и безъ пропусковъ чего-либо, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, съемка въ серединѣ работы одной забытой части трубопровода или одной просмотрѣнной стойки вполнѣ пріостановитъ всю работу; по этой причинѣ разборка этихъ деталей должна выполняться по тщательно составленному расписанію, которое должно включать все, что можетъ помѣшать работѣ въ какой-либо ея фазѣ.

Чтобы объяснить это насколько возможно полнѣе, разберемъ подробно дѣйствительный случай. Должна быть разобрана П. Н. Д. турбина одного истребителя для отправки ротора съ судна въ береговую мастерскую. Облопатываніе турбины задняго хода сорвано, и роторъ и корпусъ предназначаются къ переоблопачиванію. Вполнѣ возможно было бы поднять роторъ достаточно высоко надъ нижнею половинкою корпуса и выполнить эту работу на суднѣ; но желательно провѣрить уравновѣшеніе и, если надо, то послѣ облопатыванія процентровать роторъ, а это можетъ быть сдѣлано только въ мастерской. Верхняя половина корпуса этой турбины такого типа, что откидывается на одну сторону на петляхъ; въ этомъ случаѣ она поворачивается отъ борта къ Л. Н. Д. турбинѣ.

Операція требуетъ:

1. Съемки необходимыхъ поперечныхъ бимсовъ машиннаго люка, такъ чтобы черезъ него могъ быть вынутъ роторъ. Обыкновенно этотъ люкъ проектируется такъ, чтобы облегчить эту разборку.

2. Съемки съ мѣста всѣхъ верхнихъ трубокъ, систеренъ и т. п., т.-е. всего, что будетъ мѣшать подъему и переносу ротора къ люку.

3. Разборки и съема съ мѣста до начала работъ всѣхъ половыхъ листовъ, поручней, масляныхъ трубъ и т. п.

4. Разобщенія и съемки обоихъ выпускныхъ патрубковъ (лѣвый выпускной патрубокъ тоже долженъ быть снятъ съ мѣста, такъ какъ, въ противномъ случаѣ, верхняя половина корпуса праваго борта не можетъ быть отведена достаточно въ сторону, чтобы дать ротору выйти). Выпускные патрубки большіе и громоздкіе и должны быть сразу перенесены на такое мѣсто, гдѣ они не могли бы мѣшать дальнѣйшему ходу работъ.

5. Съемки изолирующей обшивки у горизонтальнаго соединенія половинъ турбины, разобщенія этого соединенія и подъема верхней половины корпуса.

6. Подъема ротора и переноса его къ люку, откуда его можно взять краномъ.

Детали этихъ операцій зависятъ въ широкой степени отъ расположенія въ частномъ машинномъ отдѣленіи. Чтобы сдѣлать работу въ любомъ случаѣ быстрѣе, надо такъ распорядиться работами, чтобы разныя группы людей не мѣшали другъ другу. Если возможно, паръ долженъ быть вполнѣ прекращенъ, взявъ, если нужно, отвѣтвленіе для отопленія, камбузовъ и пр. отъ берегового котла. Это уменьшитъ до минимума количество фланцевъ, которые надо заглушить, устранитъ возможность ошибочнаго пуска пара въ разобраный трубопроводъ и увеличитъ число людей, которыхъ можно поставить на работу, такъ какъ не нужно будетъ держать вахту въ котельномъ отдѣленіи или у вспомогательныхъ механизмовъ.

Партія кочегаровъ можетъ сразу начать работу по съемкѣ люка машиннаго отдѣленія, всѣхъ трубъ, поручней, половыхъ листовъ и пр., и по выему болтовъ изъ фланцевъ выпускныхъ патрубковъ. Старшій этой партіи долженъ точно знать, что подлежитъ разборкѣ и долженъ быть снабженъ соотвѣтствующими бирками, такъ что каждая часть, которая уносится должна имѣть ярлыкъ, чѣмъ уменьшается

трудность разбора вещей, обычно наблюдаемая при послѣдующей сборкѣ, сопровождаемой перекладкою массы трубъ, стоекъ и т. п. По возможности, всѣ эти вещи должны быть снесены и хранимы на палубѣ отдѣльно отъ всего, чтобы не стѣснять машинное отдѣленіе.

Самымъ большимъ затрудненіемъ будетъ, вѣроятно, отдача гаекъ въ соединеніи корпуса турбины задняго хода, такъ какъ между корпусами турбины задняго хода и Н. Д. имѣется слишкомъ мало мѣста для работы ключемъ и вслѣдствіи того, что эти гайки находятся всегда въ сырости, онѣ бываютъ сильно оборжавлены. Въ нѣкоторыхъ турбинахъ устраиваются, такъ называемые, добавочные лазы въ корпусѣ турбины Н. Д. вблизи фланца турбины задняго хода и, открывъ ихъ, можно разобщить это соединеніе безъ большой трудности; но тамъ, гдѣ нѣтъ этихъ лазовъ, до соединенія приходится добираться черезъ выпускной патрубокъ и по этой причинѣ этотъ патрубокъ слѣдуетъ снять насколько возможно ранѣе, такъ чтобы сразу можно было начать работу по разборкѣ этого соединенія.

Въ то время, какъ въ машинномъ отдѣленіи идетъ работа по удаленію мѣшающихъ частей, машинисты достаютъ изъ кладовой необходимый инструментъ, какъ напр., тали, стропы, спеціальные ключи для болтовъ соединенія половинокъ корпуса и направляющія колонны для подъема ротора по вертикальному направленію. Они разъединяютъ муфты: между К. С. Д. и правой турбиною Н. Д. и между П. Н. Д. и линіей валовъ. Снимаютъ верхнія крышки П. Н. Д. задняго и передняго главныхъ подшипниковъ, вскрываютъ П. Н. Д. упорный подшипникъ, вынимаютъ задерживающія кольца и отжимаютъ роторъ домкратомъ назадъ до зазора въ думмисахъ около 0,050″ (если устройство позволяетъ, то и больше) и вставляютъ въ нижній упорный вкладышъ достаточной толщины задерживающія кольца для сохраненія этого зазора въ думмисахъ. Это дѣлается для предосторожности, чтобы набивка думмисоваго цилиндра была бы достаточно удалена отъ колецъ думмисоваго поршня при подъемѣ ротора. Когда упорный подшипникъ установленъ на этотъ новый зазоръ въ думмисахъ, верхнія крышки под-

шипниковъ или должны быть положены обратно на мѣста безъ закрѣпленія болтами, или шейки вала должны быть покрыты чистой парусиной, чтобы не допустить попаданія въ масляные поддоны грязи, угольной пыли и пр.

Вся арматура, расположенная на верхней половинѣ корпуса, снимается, чтобы не повредить ее при подъемѣ половины корпуса. Когда соединеніе разъединено и снята арматура, отверстія для нея, должны быть закрыты или деревянными заглушками или пробками, но никогда не слѣдуетъ затыкать ихъ паклей. Эти пробки или глухіе фланцы должны оставаться на мѣстахъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ приступлено къ постановкѣ арматуры обратно на мѣсто. Такимъ же образомъ, надо болѣе всего заботиться, чтобы въ разобранные трубопроводы не попало какой-либо грязи.

Когда поручни и половые листы сняты прочь, снимается обшивка у горизонтальнаго соединенія. Надо запомнить, что изоляція вмѣстѣ съ ея металлической обшивкой сдѣлана изъ отдѣльныхъ частей, причемъ одна полная часть обходитъ вокругъ турбины, перекрывая горизонтальное соединеніе приблизительно, на 6″ съ каждой стороны и надо только снять эту часть, оставляя другія части изоляціи на мѣстѣ. Когда обшивка снята и фланецъ открытъ, то спеціальными патронными ключами отвертываются гайки, а потомъ вынимаются болты изъ этого соединенія. Если при постановкѣ этихъ болтовъ употреблялся какой-нибудь предохраняющій матеріалъ, то не будетъ большой трудности въ ихъ разборкѣ. Каждый болтъ и гайка пронумерованы и эти марки выбиты на нихъ и на прилежащихъ частяхъ фланца, давая возможность всегда вставить тотъ же самый болтъ обратно на свое мѣсто. Два или четыре изъ этихъ болтовъ сдѣланы конусными и служатъ для наведенія верхней половины корпуса въ ея точное положеніе, дѣйствуя въ этомъ случаѣ какъ направляющія шпильки въ обычной машинной конструкціи.

У нѣкоторыхъ болѣе старыхъ турбинъ корпуса сальниковъ были отлиты заодно съ цилиндрами, такъ что сальники могли быть пересмотрѣны только тогда, когда вскрывалась турбина. Въ этихъ турбинахъ горизонтальное соеди-

неніе сальника разбиралось вмѣстѣ съ фланцами турбины и все поднималось вмѣстѣ. При современномъ устройствѣ сальникъ, кромѣ горизонтальнаго фланца для скрѣпленія вмѣстѣ его двухъ половинъ, имѣетъ еще и вертикальный фланецъ для укрѣпленія его корпуса къ корпусу турбины. При вскрываніи турбины этого типа будетъ, обыкновенно, лучше всего этотъ вертикальный фланецъ не разбирать и управляться съ турбиною точно такъ же, какъ если бы сальникъ былъ отлитъ заодно съ корпусомъ турбины. При аккуратномъ обращеніи съ сальникомъ необходимость пригонки вертикальнаго и горизонтальнаго соединеній при сборкѣ устраняется. Пригонка этого соединенія представляетъ, обыкновенно, весьма трудную и утомительную работу, такъ какъ производить ее приходится въ согнутомъ положеніи.

Разсматривая турбину, которая не имѣетъ добавочныхъ лазовъ противъ горизонтальнаго соединенія турбины задняго хода, увидимъ, что это соединеніе приходится разобщать извнутри, подходя къ болтамъ черезъ выпускной патрубокъ. Соединеніе турбины задняго хода отличается по конструкціи отъ соединенія турбины Н. Д. тѣмъ, что его нижній фланецъ имѣетъ шпильки; верхняя половина одѣвается на шпильки и крѣпится обыкновенными гайками. Половинки же корпуса турбины Н. Д. скрѣпляются обыкновенными проходными болтами съ гайками. Этотъ типъ соединенія въ турбинѣ задняго хода вводитъ небольшое усложненіе въ томъ случаѣ, когда верхняя половина корпуса не поднимается прямо вверхъ отъ нижней половины, а поворачивается на одну сторону на петляхъ. Именно, должны быть приняты мѣры для того, чтобы дыры во фланцахъ верхней половины корпуса турбины задняго хода не мѣшали ей сходить свободно со шпилекъ при поворачиваніи на сторону. Для этого, дыры для шпилекъ въ верхнемъ фланцѣ дѣлаются продолговатыми въ поперечномъ направленіи настолько, чтобы освободить шпильки при поворачиваніи верхней части корпуса на петляхъ; исключеніе представляютъ только концевыя дыры, въ которыя точно пригнаны обыкновенные болты вмѣсто шпилекъ. Это устройство обезпечиваетъ плотность соединенія, такъ какъ шпильки противо-

стоятъ давленію, стремящемуся разъединить обѣ половины, а 2 болта, пригнанные плотно въ двѣ концевыя дыры фланцевъ, обезпечиваютъ правильность установки и отсутствіе сдвига между двумя половинами корпуса. Для разборки этого соединенія необходимо только снять гайки со всѣхъ шпилекъ и вынуть 2 концевыхъ болта. Слѣдуетъ хорошо запомнить этотъ пунктъ, такъ какъ при разборкѣ одной турбины произошла большая задержка, потому что стали вывертывать всѣ шпильки, т.-е. исполнять совершенно безполезную работу.

Такъ какъ эти шпильки всегда подвержены дѣйствію сырости, то онѣ, обыкновенно, бываютъ сильно оборжавлены и во многихъ случаяхъ гайки на нихъ «заѣдаютъ». Предыдущая тщательная сборка этого соединенія и обычныя предохраненія нарѣзки сурикомъ или графитомъ уменьшаютъ работу при послѣдующей разборкѣ соединенія, но даже и при такихъ предупрежденіяхъ часто случается, что гайки «заѣдаютъ» на шпилькахъ или самъ фланецъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ пристаетъ къ шпилькамъ и соединеніе не будетъ свободно разъединяться. Отжимные болты, устанавливаемые на фланцахъ главной турбины, не устанавливаются, обыкновенно, для турбины задняго хода, такъ какъ давленіе, производимое такими болтами можетъ дать остающееся коробленіе нижней половины корпуса турбины задняго хода, несмотря на то, что она чрезвычайно хорошо укрѣплена къ внѣшнему корпусу. Если случится такое прилипаніе въ этомъ соединеніи, то, обыкновенно, дѣлаютъ вокругъ проржавѣвшей шпильки валикъ изъ замазки и наполняютъ эту запруду керосиномъ, оставляя шпильку мокнуть на ночь въ этой керосиновой ваннѣ. Умѣренное употребленіе небольшихъ стальныхъ клиньевъ при такомъ пріемѣ со шпильками, вѣроятно, дастъ желаемые результаты.

Когда оба соединенія разобщены, ставятся на мѣсто отжимные болты наружнаго фланца корпуса и вся верхняя половина поднимается посредствомъ этихъ болтовъ на $^1/_8$" до $^1/_4$". Послѣ этого съ бимсовъ верхней палубы спускаются тали, вводятся въ рымы на верхней половинѣ корпуса и посредствомъ блоковъ и т. п. корпусъ поворачивается и

опускается до такого положенія, чтобы дать возможность свободно выйти ротору. Если верхняя половина корпуса не отходитъ сразу отъ обыкновеннаго давленія, производимаго нажимными болтами, то слѣдуетъ пріостановить работу, пока не будетъ найдена причина этого. Было много достовѣрныхъ случаевъ, когда ломались рымы, рвались тали и выгибались бимсы палубы при стремленіи поднять корпусъ, во фланцахъ котораго еще оставалось нѣсколько болтовъ; если будетъ приложено чрезмѣрное усиліе при этомъ положеніи, то возможно, что вся турбина будетъ надорвана. Верхняя половина корпуса можетъ не отходить вслѣдствіи того, что въ соединеніи на шпилькахъ былъ просмотрѣнъ и не вынутъ болтъ, или нѣкоторая часть фланца пристала къ шпилькамъ или къ соприкасающемуся фланцу. Если осмотръ показываетъ, что все свободно, то нажимными болтами, клиньями и талями можно разъединить половины. Всякое нагрѣваніе выдуваемымъ пламенемъ или употребленіе, вообще, подобныхъ средствъ должно быть исключено при разобщеніи любыхъ соединеній на корпусѣ турбины.

Прежде чѣмъ открывать турбину, сама верхняя часть корпуса и все непосредственно надъ нею должно быть вполнѣ очищено отъ пыли, и приняты всѣ мѣры предосторожности для предупрежденія попаданія въ турбину какой-либо грязи. Въ то время, когда въ открытой турбинѣ дѣйствительно не производится работъ, она должна быть покрыта парусиною или другимъ матеріаломъ. Это предупрежденіе кажется слишкомъ обычнымъ, чтобы о немъ упоминать, но удивительно, какъ часто бываютъ совпаденія разборки чего-либо деликатнаго на однихъ судахъ съ погрузкою угля или баненіемъ котловъ на другихъ, стоящихъ рядомъ. Особенно надо заботиться, чтобы отверстія въ нижней половинѣ корпуса для продуванія держались бы покрытыми и защищенными послѣ того, какъ роторъ поднятъ.

Когда верхняя половина откинута назадъ и роторъ освобожденъ, то на валы ротора кладутся стропы, на нижнюю половину корпуса ставятся направляющія стойки для вывода ротора по прямому направленію изъ корпуса и ро-

торъ поднимается талями настолько, чтобы его можно было положить на блоки надъ нижней половиной. Тали должны быть заложены такъ, чтобы подъемъ былъ насколько возможно вертикальнымъ вверхъ съ легкою оттяжкою впередъ для того, чтобы полосы думмиса не могли касаться колецъ думмисоваго поршня, когда онъ будетъ выходить совсѣмъ изъ думмисоваго цилиндра. Послѣ того какъ роторъ застопоренъ въ этомъ положенiи и прежде чѣмъ дѣлать дальнѣйшее передвиженiе, полосы набивки сальниковъ и думмисовъ задняго хода слѣдуетъ обернуть паклею или ветошью, такъ какъ кромки этихъ полосъ чрезвычайно тонки и, если не защищены какимъ-нибудь образомъ, легко забиваются и гнутся. Помощью нѣсколькихъ талей возможно будетъ теперь переводить роторъ постепенно вдоль машиннаго отдѣленiя, пока онъ не будетъ подведенъ подъ машинный люкъ, откуда онъ можетъ быть взятъ береговымъ краномъ.

Надо замѣтить, что тамъ, гдѣ втулки сальниковъ сдѣланы изъ 2-хъ половинокъ, при подъемѣ верхней половины корпуса турбины надо позаботиться, чтобы верхнiя половинки втулокъ сальника не были подняты вмѣстѣ съ корпусомъ турбины; въ противномъ случаѣ онѣ могутъ выпасть и повредить или роторъ, или сальникъ. Однако, это не вызываетъ необходимости съемки корпусовъ сальниковъ, гдѣ они отлиты отдѣльно и укрѣплены на болтахъ къ корпусу турбины. Когда роторъ поднятъ, и его валы вышли изъ подшипниковъ, необходимо будетъ вынуть нижнiя половинки втулокъ сальника, такъ какъ при обыкновенной конструкцiи внутреннiе концы втулокъ сальниковъ выступаютъ за кромку думмисоваго поршня.

Какъ только роторъ вынутъ изъ нижней части корпуса, весь прокладочный матерiалъ соскабливается съ фланцевъ, озабочиваясь тѣмъ, чтобы ни одной мелкой частицы не попало въ корпусъ турбины. Характеръ послѣдующей работы будетъ зависѣть отъ причины вскрыванiя турбины, отъ продолжительности времени отъ предыдущаго осмотра, до нѣкоторой степени, и отъ характера и количества работы. Если турбину разбираютъ вслѣдствiи полной поломки, про-

исшедшей отъ срыванія лопатокъ, работа по своему характеру должна быть выполнена въ мастерской и продолжительность ея будетъ зависѣть, безъ сомнѣнія, отъ величины поврежденія. Если турбины вскрываются только для общаго осмотра, то должно быть сдѣлано слѣдующее: Тщательный осмотръ всего облопатыванія, выправляя немного погнутыя лопатки и убѣждаясь въ томъ, что онѣ жестко укрѣплены на мѣстѣ и ни въ коемъ случаѣ не расшатаны. Если какая-нибудь часть связующихъ полосъ или обвязки порвана, это легко можетъ быть запаяно серебрянымъ припоемъ и, хотя въ нѣкоторыхъ случаяхъ и невозможно будетъ получить первоначальную крѣпость, но это не можетъ принести вреда, а можетъ только предотвратить дальнѣйшее стремленіе разрыва. Степень разъѣданія и ржавленія и количество другого осадка, который можетъ быть найденъ на различныхъ частяхъ турбины, въ широкой степени зависитъ отъ условій работы турбины и въ частности отъ качества воды, которая употреблялась для питанія котловъ. Если эта вода всегда была абсолютно прѣсная, никакихъ большихъ поврежденій не будетъ, если только заботились о просушкѣ турбинъ послѣ хода. Съ другой стороны, если судно ходило продолжительное время съ засоленой или грязною водой, количество осадка, найденнаго на частяхъ ротора и корпуса между лопатками или на самихъ лопаткахъ, можетъ быть очень большимъ. Самое большое, что можетъ быть сдѣлано при обыкновенномъ осмотрѣ—это возможно лучшее отдѣленіе этой ржавчины и другого осадка, заботясь между тѣмъ, чтобы весь снятый налетъ былъ вполнѣ удаленъ изъ корпуса, а не оставленъ въ турбинѣ, такъ какъ онъ можетъ попасть въ продувательныя отверстія. Струя сжатаго воздуха представляетъ наилучшее средство полной очистки турбины передъ окончательной постановкой ротора и верхней половины корпуса. Набивочныя коробки должны быть осмотрѣны, погнутыя полосы выправлены, а сломаныя разрѣзныя кольца замѣнены новыми. Поверхность ротора, къ которой подходитъ шпиндель микрометра, должна быть тщательно очищена, оборжавленіе же внутренности ротора не особенно важно и оно болѣе всего ожидается.

Въ послѣднее время внутреннія поверхности роторовъ турбинъ начали предохранять особою краскою противъ образованія ржавчины, прокрашивая ею всѣ желѣзныя и стальныя части внутри ротора. Употребленіе ея, въ концѣ концовъ, вѣроятно, устранитъ все разъѣданіе въ турбинѣ, но опыты съ этой краской были еще недостаточно продолжительны для того, чтобы вывести опредѣленные результаты.

Когда роторъ и верхняя половина корпуса вполнѣ исправлены и очищены, они ставятся на мѣсто въ обратномъ порядкѣ сравнительно съ разборкою. При установкѣ колецъ сальника и втулки долженъ быть соблюденъ обратный порядокъ, сравнительно со съемкою. Роторъ сначала опускается до тѣхъ поръ, пока думмисовый поршень не будетъ ниже уровня втулокъ набивочныхъ коробокъ и тогда кладется на мѣсто нижняя половинка набивочной коробки, а послѣ того, какъ роторъ будетъ опущенъ, можетъ быть положена на мѣсто верхняя половинка этой втулки. Послѣ того, какъ роторъ опущенъ на свое мѣсто, съ тѣми же самыми предосторожностями для предохраненія лопатокъ и думмисовъ какъ и при подъемѣ, все осматривается, верхняя половина корпуса опускается къ мѣсту, но не доводится до нижняго фланца приблизительно на 1 футъ и на фланецъ кладется прокладочный матеріалъ. Въ американской практикѣ для этой цѣли, обыкновенно, употребляется препаратъ извѣстный подъ названіемъ «Manganisite». «Manganisite» представляетъ собою патентованную композицію, состоящую, главнымъ образомъ, изъ соединенія марганца и желѣза съ масломъ. Онъ выдѣлывается въ плиткахъ, похожихъ по виду отчасти на обыкновенное печенье «hand sapolio». Онъ размелчается, медленно подогрѣвается и размѣшивается съ вареным льнянымъ масломъ, пока тяжелыя частицы раствора не осядутъ на дно, а остающаяся масса не станетъ приблизительно такой густоты, какъ жидкая краска; эта масса накладывается на оба фланца обыкновенной кистью, заботясь, чтобы ни одного волоска кисти или какой-нибудь твердой части раствора не осталось на фланцѣ. Теперь опускается верхняя половина и надо внимательно смотрѣть,чтобы втулки набивочныхъ ко-

робокъ лежали въ правильномъ положенiи для входа въ корпусъ набивочной коробки. Потомъ ставятся на свои мѣста болты согласно номеровъ на нихъ и на фланцѣ, и подтягиваются. Затѣмъ собираются подшипники, соединяются валы, устанавливается снова зазоръ въ думмисахъ и прежде чѣмъ ставить на мѣсто обшивку или какую-нибудь изъ различныхъ вещей, которыя были сняты, къ турбинѣ присоединяются необходимыя трубы, чтобы прогрѣть и опробовать турбину паромъ. Если всѣ детали установлены и не будетъ пропуска, то все въ машинномъ отдѣленiи, что снималось прочь, можетъ быть поставлено опять. Особенная забота должна быть приложена къ достиженiю плотнаго соединенiя корпуса турбины задняго хода, когда онъ соединяется впервые, такъ какъ нѣтъ никакой возможности испытать его подъ паромъ въ собранномъ видѣ.