

Врученъ для описанія.

ВѢСТНИКЪ ОБЩЕСТВА МОРСКИХЪ ИНЖЕНЕРОВЪ.



Выпускъ I-й.

СОДЕРЖАНІЕ:

	Стр.
I. Очеркъ возникновенія Общества Морскихъ Инженеровъ и первые шаги его дѣятельности. Г. Піо-Ульскаго. . .	1
II. Циркуляція воды въ паровыхъ котлахъ. А. Погодина. . .	1
III. Непотопляемость эскадреннаго броненосца «Сисой Великій» (Извлеченіе изъ труда Инж.-Мех. Дерягина). А. Пароженскаго.	43
IV. О котлахъ Вельвила съ точки зрѣнія корабельнаго инженера. М. Шебалина.	61
V. Водопрѣснительные аппараты. Г. Піо-Ульскаго	83
VI. О внутреннемъ треніи и смазкѣ. К. Моркина.	103

Редакторъ

Старшій Инж.-Мех. Г. Н. ПІО-УЛЬСКІЙ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Морского Министерства, въ Главномъ Адмиралтействѣ.

1898.

Вышелъ 24 Сентября.

ВѢСТНИКЪ ОБЩЕСТВА МОРСКИХЪ ИНЖЕНЕРОВЪ



Выпускъ I-й.

Содержаніе:

	Стр.
I. Очеркъ возникновенія Общества Морскихъ Инженеровъ и первые шаги его дѣятельности. Г. Піо-Ульскаго. . .	I
II. Циркуляція воды въ паровыхъ котлахъ. А. Погодина. . .	1
III. Непотопимость эскадреннаго броненосца «Сисой Великій» (Извлеченіе изъ труда Инж.-Мех. Дерягина). А. Пароменскаго.	43
IV. О котлахъ Бельвиля съ точки зрѣнія корабельнаго инженера. М. Шебалина.	61
V. Водоопрѣснительные аппараты. Г. Піо-Ульскаго	83
VI. О внутреннемъ треніи и смазкѣ. Е. Моркина.	103

Редакторъ

Старшій Инж.-Мех. Г. Н. ПІО-УЛЬСКІЙ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Морского Министерства, въ Главномъ Адмиралтействѣ.

1898.

ВѢСТНИКЪ

ВѢСТНИКЪ МОРЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКАГО КОМИТЕТА



ВЫПУСКЪ I-й

Печатано по распоряженію Морского Техническаго Комитета:

11.V.27.

100957.

4-44

О Ч Е Р К Ъ

ВОЗНИКНОВЕНІЯ

ОБЩЕСТВА МОРСКИХЪ ИНЖЕНЕРОВЪ

И

ПЕРВЫЕ ШАГИ ЕГО ДѢЯТЕЛЬНОСТИ.

Общество Морскихъ Инженеровъ основано 14 Марта 1896 года, но уставъ его утвержденъ лишь только 27 Февраля 1897 года. Цѣль Общества — дать возможность морскимъ инженерамъ слѣдить за прогрессомъ морской техники и содѣйствовать этому прогрессу.

Идея организаціи Общества морскихъ инженеровъ существовала уже нѣсколько лѣтъ тому назадъ и даже въ 1887 году по иниціативѣ молодыхъ инженеръ-механиковъ И. С. Шведова и Э. И. Гаевского (нынѣ Старшіе Инженеръ-Механики) были учреждены собранія инженеровъ при Техническомъ Училищѣ Морского Вѣдомства въ г. Кронштадтѣ, а по иниціативѣ Корабельнаго Инженера Н. Е. Кутейникова (нынѣ Главный Инспекторъ Кораблестроенія) такія же собранія, но только исключительно корабельныхъ инженеровъ были учреждены при Новомъ Адмиралтействѣ.

Къ сожалѣнію какъ тѣ, такъ и другія собранія по разнымъ причинамъ скоро прекратили свое существованіе. Въ 1896 году мысль собранія Общества Морскихъ Инженеровъ, воскресла снова и на этотъ разъ проявилась съ большею противъ прежней силою. Въ этотъ разъ проводниками идеи опять таки явились

молодые инженеръ-механики, изъ которыхъ наибольшую тяготу принялъ на себя энергичный Младшій Инженеръ-Механикъ К. Д. Моркинъ.

Бывшіе питомцы Училища, цѣня заслуги своего бывшего воспитателя Инспектора классовъ Полковника Пароменскаго и зная его энергію и отзывчивость на все, что касается прогресса знаній инженерныхъ корпорацій, для руководства предполагаемымъ учрежденіемъ обратились, именно, къ нему, возложивъ на него полномочіе ходатайствовать предъ высшимъ Начальствомъ объ утвержденіи предполагаемаго Общества. Такое броженіе умовъ молодежи явилось, безъ сомнѣнія, требованіемъ времени и имѣло причиною быстрый ростъ прогресса морской техники, замѣчаемый за послѣдніе 15 лѣтъ. За это время въ области морской техники усовершенствованія непрерывно слѣдовали за усовершенствованіями, нововведенія за нововведеніями.

При такихъ обстоятельствахъ морскому инженеру становилось труднѣе слѣдить за прогрессомъ знаній по своей специальности и чувствовалась необходимость въ болѣе тѣсномъ общеніи съ товарищами по профессіи, благодаря чему результаты личнаго опыта каждого являлись бы вкладомъ въ сокровищницу знаній всей корпораціи.

Выбранный быть руководителемъ задуманнаго учрежденія почти всѣмъ наличнымъ составомъ морскихъ инженеровъ, находящихся въ гг. Кронштадтѣ и С.-Петербургѣ, Полковникъ А. И. Пароменскій чрезъ посредство Начальника Морского Техническаго Училища Императора Николая I обратился къ Главному Командиру Кронштадтскаго порта Вице-Адмиралу Н. И. Казнакову съ рапортомъ, въ которомъ, излагая цѣли и пользу учреждаемаго Общества, просилъ раз-

рѣшенія Его Превосходительства временныхъ собраній морскихъ инженеровъ въ зданіи Морского Техническаго Училища. На этотъ рапортъ Главный Командиръ не только отвѣтилъ согласіемъ, но самъ принялъ живѣйшее участіе въ организаціи Общества и въ проведеніи ходатайства объ его утвержденіи передъ Управляющимъ Морскимъ Министерствомъ.

14 Марта 1896 года состоялось первое собраніе морскихъ инженеровъ, на которомъ должна была быть выяснена программа дѣятельности учреждаемаго Общества. На собраніе это явилось 32 человѣка. Полковникъ А. И. Пароменскій официально принялъ званіе Предсѣдателя Общества, а Капитанъ А. И. Погодинъ—званіе Товарища Предсѣдателя. Затѣмъ вновь утвержденный Предсѣдатель обратился къ Обществу съ рѣчью, въ которой, какъ нельзя лучше, выяснялась своевременность учрежденія Общества и намѣчались цѣли, которыя, по мнѣнію Предсѣдателя, должны были быть преслѣдуемы новымъ учрежденіемъ. Рѣчь эту мы приводимъ въ подлинномъ ея видѣ.

«Позвольте васъ привѣтствовать, м. г., съ благими начинаніями. Его Превосходительство Главный Командиръ Кронштадтскаго порта не только далъ разрѣшеніе на эти собранія, но не могъ не выразить по этому случаю своего особеннаго удовольствія, настолько симпатична для него была идея этихъ собраній. Насколько мнѣ извѣстно, только еще на дняхъ появилась мысль этихъ собраній и на сегодняшнемъ, первомъ изъ нихъ, мы уже имѣемъ большое число членовъ. Такой дружный откликъ на предложенную идею даетъ ясно понять, что необходимость подобныхъ собраній давно уже созрѣла у каждого отдѣльно и надо было только кликнуть кличъ, чтобы всѣ дружно поднялись сразу и настолько быстро, что даже отыскать ини-

ціаторовъ этого дѣла трудно, и, по справедливости, можно сказать, что всѣ—иниціаторы этого дѣла. Каждому изъ васъ, конечно, вполнѣ ясны тѣ задачи, которыя собраніе намѣрено преслѣдовать, но тѣмъ не менѣе, я считаю своей обязанностью сказать два слова, не съ цѣлью сказать что-либо новое, а главное, съ цѣлью опубликованія ихъ.

Прежде всего я долженъ сказать, что никакое училище, никакой институтъ, какъ-бы онъ высоко ни стоялъ, не можетъ создавать инженеровъ, вполнѣ готовыхъ для службы, ни въ теоретическомъ, ни въ практическомъ отношеніи. Задача учебнаго заведенія — дать учащемуся такую научную подготовку и такое, если можно такъ выразиться, техническое развитіе, чтобы онъ впослѣдствіи могъ самостоятельно учиться, работать и справиться со всѣми задачами техники, порожденными современнымъ плодovitымъ прогрессомъ и, конечно, учебное заведеніе обязано дать необходимыя техническія знанія для первыхъ шаговъ службы. Техникъ или инженеръ, по нашему мнѣнію, долженъ учиться всю жизнь. При современномъ невозможно быстромъ прогрессированіи техники слѣдить за своимъ дѣломъ можно только въ предѣлахъ узкой специальности, но и въ этомъ случаѣ нужно имѣть счастливую обстановку, такъ какъ на свои единичныя средства это сдѣлать могутъ только люди чрезвычайно богатые. Болѣе культурныя государства западной Европы давно уже указали намъ путь, которому мы въ этомъ случаѣ должны слѣдовать, а именно тотъ путь, на который вы сами нашли нужнымъ вступить, т. е. всѣмъ сплотиться въ тѣсный кружокъ, помогать другъ другу во всемъ, работать общими умственными и матеріальными средствами, при взаимномъ глубокомъ уваженіи и благодарности другъ къ другу. Современ-

ный прогрессъ течетъ настолько быстро, что учебное заведеніе часто даже не можетъ предвидѣть ту подготовку, которую необходимо надо дать, чтобы въ послѣдствіи на службѣ не приходилось изучать цѣлыя науки, служащія только подготовительными для нѣкоторыхъ отраслей техническихъ знаній. Чтобы быть понятнѣе, я позволю себѣ бросить взглядъ на наше недалекое прошлое и, лучше всего, за время службы настоящаго личнаго состава. Старѣйшіе изъ нашего корпуса вступили на службу еще въ то время, когда пароводяныя машины были балансирыя и съ галлерейными котлами при давленіи въ 16 фунтовъ. Въ шестидесятихъ годахъ такія машины въ нашемъ флотѣ оставались уже только на пароводяно-фрегатѣхъ: «Владиміръ», «Олафъ» и «Смѣломъ». Горизонтальныя машины Гумфрейса и тронковыя, какія можно еще встрѣтить на нашихъ старыхъ судахъ, были въ шестидесятихъ годахъ послѣднимъ словомъ науки. Въ это-же время галлерейные котлы вышли изъ употребленія и ихъ замѣнили трубчатые коробчатые котлы съ рабочимъ давленіемъ отъ 30 до 40 фунтовъ. Въ семидесятихъ годахъ уже появились въ нашемъ флотѣ машины системы Compound и трубчатые цилиндрическіе котлы, сначала на миноносцахъ, а затѣмъ на фрегатѣ «Генералъ-Адмиралъ». Въ восьмидесятихъ годахъ появились машины тройнаго расширенія и огнетрубные котлы локомотивнаго типа, въ которыхъ въ девятидесятыхъ годахъ, какъ вамъ извѣстно, давленіе достигло свыше 200 фунтовъ, но и они, въ послѣднее время, вытѣсняются водотрубными котлами различныхъ системъ. Я перечислилъ ходъ прогресса только по главнымъ судовымъ котламъ и механизмамъ за послѣдніе три десятка лѣтъ, а вы сами знаете, какое огромное количество вспомогательныхъ механизмовъ изобрѣтено за это время, какъ напр.:

мины Уайтхеда, гидравлическіе аппараты при 12-ти дюймовыхъ орудіяхъ, различные опрѣснители, фильтры, нагрѣватели, перегрѣватели, подогреватели и пр. безъ конца.

Такимъ образомъ, старѣйшіе чины нашей корпорации, начавъ свою службу при балансирныхъ машинахъ и галлерейныхъ котлахъ съ давленіемъ въ 16 фн., кончаютъ ее при машинахъ четвернаго расширенія и водотрубныхъ котлахъ съ давленіемъ болѣе чѣмъ въ 200 фунтовъ.

Могло-ли училище, готовившее этихъ лицъ, предвидѣть ту подготовку, какую нужно было дать для воспріятія этого прогресса въ теченіе всей службы по ихъ специальности. Ясно, что они всю жизнь должны были учиться, чтобы воспріяты этотъ прогрессъ. Вы, можетъ быть, м. г., возразите мнѣ, что это было такое время, а теперь его долго не будетъ, что не можетъ-же прогрессъ всегда идти съ такой быстротой. На это я долженъ отвѣтить, что это возраженіе, если и справедливо, то только отчасти. Я не могу утвердительно сказать, что прогрессъ движется вѣчно и равномерно и охотно признаю, что онъ идетъ скачками, но утверждаю, что онъ движется вѣчно. За скачками, которые онъ совершаетъ, поспѣвать, конечно, трудно. Вы, можетъ быть, скажете, что настоящее время—есть время затишья прогресса, но я склоненъ утверждать, что въ настоящее время прогрессъ именно находится въ періодѣ прыжка. Котлы водотрубные только что появились, и еще много надо потрудиться надъ устройствомъ, управленіемъ и сохраненіемъ ихъ, особенно въ нашемъ холодномъ климатѣ. Далѣе на очереди стоятъ два огромной важности вопроса—это нефтяное отопленіе и замѣна многихъ паровыхъ вспомогательныхъ меха-

низмовъ электродвигателями. Какъ тотъ, такъ и другой вопросъ ведутъ за собой особую цѣлую отрасль знанія, и, въ особенности, электродвигатели. Такъ или иначе, эти электродвигатели должны, въ концѣ концовъ, перейти въ ваше вѣдѣніе и, очень можетъ быть, многіе изъ васъ уже и теперь пожелаютъ дополнить свои свѣдѣнія по электричеству.

Вопросъ о замѣнѣ паровыхъ вспомогательныхъ механизмовъ электродвигателями въ принципѣ уже рѣшенъ и на нѣкоторыхъ судахъ уже устанавливаются подобные механизмы. Пора начать съ ними считаться. Далѣе, вопросъ о нефтяномъ отопленіи котловъ, если и не пустилъ у насъ во флотѣ прочныхъ корней, то я, откровенно говоря, недоумѣваю, почему это, и съ увѣренностью могу сказать, что въ весьма недалекомъ будущемъ флотъ береговой обороны и, вообще, флотъ внутреннихъ водъ будетъ почти исключительно только нефтяной. И съ этимъ вопросомъ пора считаться. Конечно, м. г., мы весьма во многомъ можемъ воспользоваться работою западныхъ культурныхъ странъ и намъ остается только все усвоить и сдѣлать своимъ достояніемъ, но я долженъ напомнить, что невозможно-же все безъ разбора переносить съ заграничной почвы на русскую. У насъ есть свои вопросы чисто русскіе, и, по моему мнѣнію, вопросъ о нефтяномъ отопленіи — есть чисто русскій вопросъ; намъ не откуда ждать его разработки, а надо работать самимъ. Я не стану утомлять вашего вниманія перечнемъ задачъ нашихъ собраній, такъ какъ на нихъ вы лучше меня выясните всѣ современные, назрѣвшіе для васъ вопросы. Могу только теперь сообщить вамъ, что училище наше искренно радо, что бывшіе его питомцы группируются возлѣ него, какъ добрые сыновья возлѣ своей матери, и что оно съ

материнскою заботливостью придетъ къ вамъ на встрѣчу съ тѣми средствами, которыя оно имѣетъ, если-бы таковыя вамъ понадобились для пріобрѣтенія различныхъ свѣдѣній по вашей спеціальности.

Льщу себя надеждой, что вы, м. г., не откажетесь дѣлиться вашими трудами съ тѣми членами корпораціи, которые по какимъ-бы то ни было причинамъ, по службѣ, по болѣзни, по отсутствію изъ Кронштадта (плаваніе) не могутъ посѣщать вашихъ собраний, и будете издавать ваши труды въ мѣсячныхъ, полугодовыхъ или, наконецъ, годовыхъ отчетахъ, напечатанныхъ по числу членовъ корпораціи. Пока вами не будутъ изысканы для этого средства, училище наше можетъ придти на помощь съ своей литографіей, такъ какъ лучше имѣть труды литографированными, чѣмъ совсѣмъ не имѣть».

Послѣ такого обращенія Предсѣдателя къ членамъ нарождающагося Общества были выбраны: секретаремъ Общества Младшій Инженеръ-Механикъ К. Д. Моркинъ, а казначеемъ Общества Помощникъ Старшаго Инженеръ-Механика Г. Н. Піо-Ульскій и затѣмъ приступлено было къ разработкѣ программы дѣятельности Общества. Рѣшено было еженедѣльно по Четвергамъ (*) въ 7 часовъ вечера собираться въ конференцъ-залъ Морского Техническаго Училища для техническихъ бесѣдъ, а для покрытія расходовъ на освѣщеніе и содержаніе того помѣщенія, которое предполагалось отвести впослѣдствіи Обществу, на наемъ прислуги, на печатаніе отчетовъ, сообщеній и т. п. былъ учрежденъ ежегодный взносъ въ количествѣ шести рублей. На эти же средства предполагалось

(*) Впослѣдствіи этотъ день перемѣнили на другой, а именно на Среду.

сейчасъ же организовать при Обществѣ рабочій кабинетъ и читальную комнату и дать начало технической библіотекѣ при Обществѣ.

Второе собраніе морскихъ инженеровъ состоялось 4 Апрѣля. На этомъ засѣданіи былъ выбранъ второй товарищъ Предсѣдателя Главный Корабельный Инженеръ Кронштадтскаго порта Н. И. Комовъ, послѣ чего Предсѣдатель Общества Полковникъ А. И. Пароменскій познакомилъ членовъ его съ тѣми хлопотами, которые были имъ предприняты, чтобы мысль объ упроченіи Общества провести въ высшія сферы. Хлопоты эти заключались въ письмахъ къ Главному Инспектору Кораблестроенія Н. Е. Кутейникову, Главному Инспектору Механической части Н. Г. Нозикову и къ Помощнику Инспектора Механической части В. И. Афанасьеву. Всѣ эти лица съ замѣчательною задушевностью отнеслись къ задуманной идеѣ созданія Общества Морскихъ Инженеровъ и, какъ оказалось впослѣдствіи, были одни изъ главныхъ виновниковъ упроченія существованія новаго учрежденія.

На этомъ второмъ засѣданіи Общества выяснилось, что при Обществѣ дѣйствительно необходима библіотека и читальная комната, несмотря даже на то, что въ Кронштадтѣ имѣется морская библіотека, немогушая, впрочемъ, вслѣдствіе ограниченности своихъ средствъ, выписывать новѣйшія сочиненія и журналы по каждой специальности и обязанной имѣть нѣсколько энциклопедическій характеръ.

Число членовъ съ каждымъ днемъ все росло и росло, и въ первые уже дни ихъ насчитывалось болѣе ста человѣкъ. Фактическая дѣятельность Общества началась съ третьяго засѣданія 11-го Апрѣля, когда Помощникомъ Старшаго Инженеръ-Механика П. Н.

Алексѣевымъ было прочитано сообщеніе «О добычѣ нефти и о примѣненіи ея на судахъ флота», а Корабельнымъ Инженеромъ Н. И. Комовымъ было доложено Обществу о его работахъ по составленію исторіи Морского Техническаго Училища и о необходимости помощи со стороны членовъ Общества въ подысканіи матеріаловъ для предпринятаго имъ труда. Въ то время, какъ въ засѣданіяхъ Общества началась кипучая дѣятельность, Главнымъ Командиромъ Кронштадтскаго порта Вице-Адмираломъ Н. И. Казнаковымъ и одновременно Главнымъ Инспекторомъ Механической части Н. Г. Нозиковымъ были предприняты хлопоты по исходатайствованію средствъ, необходимыхъ для оборудованія помѣщеній Общества въ такомъ видѣ, чтобы они могли бы явиться дѣйствительно рабочими кабинетами для морскихъ инженеровъ. Результаты этихъ ходатайствъ выразились въ разрѣшеніи Управляющаго Морскимъ Министерствомъ, послѣдовавшемъ 18 Февраля 1897 года, для нуждъ Общества единовременнаго пособія въ размѣрѣ шестисотъ рублей изъ § 19 ст. 4 морской смѣты за 1897 годъ. На четвертомъ засѣданіи 18 Февраля состоялись пренія по выбору журналовъ и книгъ для библіотеки и читальной комнаты Общества, а затѣмъ Младшимъ Инженеръ-Механикомъ К. Д. Моркинымъ былъ прочитанъ докладъ «объ отопленіи судовыхъ котловъ мазутомъ».

На пятомъ засѣданіи 25 Апрѣля выяснилась необходимость выборнаго Совѣта Общества для веденія хозяйственныхъ и административныхъ дѣлъ Общества. Совѣтъ Общества рѣшено было составить изъ десяти лицъ: 1) Предсѣдателя, 2) двухъ товарищей Предсѣдателя, 3) секретаря, 4) казначея и 5) выборныхъ пяти лицъ: двухъ корабельныхъ инженеровъ и трехъ инженеръ-механиковъ.

Послѣ баллотировки выборными лицами оказались: Корабельные Инженеры: 1) Младшій Помощникъ Судостроителя И. А. Гавриловъ, 2) Старшій Помощникъ Судостроителя Г. Ф. Шлезингеръ.

Инженеръ-Механики: 1) Старшій Инженеръ-Механикъ П. В. Максимовъ, 2) Полковникъ Г. Д. Воронинъ и 3) Помощникъ Старшаго Инженеръ-Механика К. К. Костомаровъ.

Совѣту Общества на первое время было поручено организовать хозяйственную отчетность и за лѣто заняться составленіемъ проекта устава Общества, который предполагалось поднести Управляющему Морскимъ Министерствомъ на его утвержденіе.

Въ виду горячаго сочувствія, которое проявлено было Главнымъ Командиромъ Кронштадтскаго порта Вице-Адмираломъ Н. И. Казнаковымъ къ вновь учреждаемому Обществу, общее собраніе постановило просить Его Превосходительство не отказать принять на себя званіе почетнаго Предсѣдателя Общества.

На этомъ же засѣданіи К. Д. Моркинъ окончилъ свой докладъ «объ отопленіи судовыхъ котловъ мазутомъ», а Предсѣдатель доложилъ о начавшихся уже пожертвованіяхъ въ бібліотеку Общества. Этимъ пятымъ засѣданіемъ прекратились общія собранія Общества до осени 1896 года, а началась дѣятельность Совѣта Общества, собиравшагося за время отъ 7 Мая 1896 года, когда состоялось первое его засѣданіе, до 20 Сентября того же года три раза. За время этихъ засѣданій былъ выработанъ порядокъ отчетности по дѣламъ Общества, распределены обязанности между должностными лицами Совѣта и, наконецъ, выработана предварительная редакція устава Общества.

26-го Сентября 1896 года состоялось первое послѣ лѣта общее собраніе Общества, на которомъ были

избраны должностныя лица, взамѣнъ ушедшихъ въ плаваніе, К. Д. Моркина и П. В. Максимова. Взамѣнъ перваго по большинству голосовъ оказался избранымъ А. М. Сокольниковъ, а взамѣнъ втораго Е. М. Заозерскій. Въ это же засѣданіе согласно Устава Общества былъ избранъ библіотекаремъ Подполковникъ А. И. Митуричъ.

Время отъ 26 Сентября 1896 года до 14 Марта 1897 года отличалось особою кипучею дѣятельностью. Въ этотъ періодъ окончательно былъ выработанъ проектъ временнаго устава Общества, урегулированы были отношенія должностныхъ лицъ и Общество вошло въ колею своей дѣятельности. Общихъ собраний за это время состоялось двадцать три, причемъ были прочитаны слѣдующіе доклады:

1. «О лопастныхъ насосахъ» Э. А. Брикса.
2. «О водоотливной системѣ броненосца «Сисой Великій» А. Ф. Дерягина (прочитанъ былъ Предсѣдателемъ Общества).
3. «О правилахъ, принятыхъ во Франціи для сохраненія локомотивныхъ и водотрубныхъ котловъ» В. Я. Накоренко.
4. «О жаронепроницаемыхъ обмозкахъ для котловъ и паровыхъ трубъ» В. Я. Накоренко.
5. «О прямодѣйствующихъ насосахъ» Г. Н. Піо-Ульскаго.
6. «О внутреннемъ треніи машинъ» К. Д. Моркина.
7. «О положеніи крейсера I ранга «Россія» на мели и о ходѣ работъ по его снятію съ мели при помощи промывки подъ нимъ грунта» Н. И. Комова.
8. «О циркуляціи воды въ водотрубныхъ котлахъ» А. И. Погодина. Сообщение это сопровождалось весьма интересными опытами.

9. «О сборкѣ подшипниковъ» Л. Л. Карповича.
10. «О поломкахъ механизмовъ въ морѣ и о нѣкоторыхъ способахъ ихъ временнаго исправленія» Инж.-Мех. Пономарева.
11. «О котлахъ Бельвиля съ точки зрѣнія корабельнаго инженера» М. В. Шебалина.

Кромѣ этихъ докладовъ, въ Обществѣ было возбуждено нѣсколько насущныхъ вопросовъ, относящихся до ухода и сохраненія паровыхъ машинъ и котловъ, до задѣлки пробоинъ въ корпусахъ судовъ, до очищенія питательной воды отъ постороннихъ вредныхъ для котла примѣсей и т. п. Вопросы эти подвергались всестороннему обсужденію и результаты преній записывались въ журналъ засѣданій.

Серьезная дѣятельность Общества за этотъ годъ обратила на себя милостивое вниманіе Его Императорскаго Высочества Великаго Князя Александра Михайловича, который чрезъ посредство Старшаго Инженеръ-Механика Д. А. Голова обратился въ Общество съ просьбою подвергнуть обсужденію проэктъ Инженеръ-Механика Пчельникова «О задѣлкѣ пробоинъ на судахъ флота». Проэктъ этотъ былъ подвергнутъ серьезному изслѣдованію, и результаты преній были сообщены Его Высочеству чрезъ посредство того-же Инженеръ-Механика Д. А. Голова.

Не отказали въ своемъ довѣріи къ Обществу и высшія морскія учрежденія, которыя время отъ времени присылали въ Общество различные вопросы для всесторонняго критическаго обсужденія. Словомъ, Общество съ первыхъ шаговъ своего существованія становилось полезнымъ учрежденіемъ и не отказывало въ своей энергіи на призывъ къ умственной работѣ.

Съ какимъ энтузіазмомъ и сочувствіемъ среди морскихъ инженеровъ было принято созданіе Общества, призваннаго условіями настоящаго вѣка сплотить доселѣ разрозненныхъ членовъ морской инженерной семьи, можно видѣть уже изъ того, что къ концу 1897 года членовъ Общества насчитывалось уже около трехсотъ; причемъ со всѣхъ концовъ свѣта, куда только попали наши морскіе инженеры, спѣшили прислать свое привѣтствіе и записаться въ составъ новаго Общества.

Выработанный проэктъ устава Общества обязывалъ издавать «Труды Общества» въ видѣ повременныхъ изданій и такъ какъ трудовъ стало собираться довольно большое количество, то Общество и поспѣшило выборомъ редактора предполагаемаго журнала. Первый выборъ палъ на Инженеръ-Механика К. К. Костомарова, который, однако, не успѣлъ привести въ надлежащій порядокъ имѣемый матеріалъ для напечатанія, такъ какъ вскорѣ послѣ избранія былъ назначенъ въ заграничное плаваніе на «Наваринъ» и его мѣсто замѣнилъ по баллотировкѣ Инженеръ-Механикъ Березинъ. 27 Февраля 1897 года состоялось утвержденіе Управляющимъ Морскимъ Министерствомъ устава Общества и съ этого дня Общество, можно сказать, вступило на путь своего легальнаго существованія. 12 Марта 1897 года состоялись согласно утвержденного устава Общества выборы въ должностныя лица на новый годъ, считаемый съ 14 Марта 1897 года по 14 Марта 1898 года, причемъ въ виду особой плодотворной дѣятельности Предсѣдателя А. И. Пароменскаго, Общество не нашло возможнымъ производить выборы на эту должность, а рѣшило обратиться къ Полковнику А. И. Пароменскому съ просьбою не отказать и на этотъ годъ

принять подъ свое руководство новое Общество. Остальныя должностныя лица на новый годъ были избраны въ слѣдующемъ составѣ: товарищи Предсѣдателя: Н. И. Комовъ и А. И. Погодинъ, секретарь, взявшій отказавшагося А. М. Сокольникова, Г. Н. Пю-Ульскій, казначей А. И. Митуричъ, библіотекаръ — онъ-же, редакторъ трудовъ Общества Д. Ф. Березинъ, помощники редактора: Г. Ф. Шлезингеръ и В. Я. Накоренко. Члены Совѣта: Л. Л. Карповичъ, Д. В. Семеновъ, Г. Д. Воронинъ и Е. М. Заозерскій. Кандидаты въ Члены Совѣта: Н. И. Ильинъ, В. П. Сперанскій, С. В. Катковъ, А. Я. Линдебекъ и Г. К. Корюсть.

Годъ фактической дѣятельности Общества 14 Марта закончился товарищескимъ обѣдомъ по подпискѣ въ Конференцъ-залѣ Морского Техническаго Училища. Обѣдъ этотъ имѣлъ двойное значеніе: во первыхъ, праздновался день учрежденія Общества, а затѣмъ въ виду особой, можно сказать, выдающейся дѣятельности Предсѣдателя Общества А. И. Пароменскаго, посвящавшаго Обществу весь свой досугъ и неустанно работавшему и заботившемуся объ упроченіи этого Общества и о проведеніи въ высшія сферы ходатайствъ, безъ которыхъ существованіе новаго учрежденія не могло быть обезпечено, рѣшено было въ этотъ день поблагодарить его за труды, поднеся ему отъ всей морской инженерной корпорации благодарственный адресъ.

Мысль о чествованіи А. И. Пароменскаго быстро проникла въ Севастополь, въ Николаевъ, въ Средиземно-морскую эскадру, словомъ, всюду, гдѣ только были разбросаны члены морской инженерной семьи, и даже среди плавающихъ инженеровъ состоялась подписка на поднесеніе Полковнику А. И. Паромен-

скому какому-либо подарка на память о благодарных ему членахъ Общества, но такое намѣреніе, въ виду особыхъ взглядовъ Александра Ивановича на такія подношенія, близкими къ нему лицами было отклонено, а собранная сумма была внесена въ кассу Общества подъ именемъ «капитала А. И. Пароменскаго» съ тѣмъ, чтобы онъ, по своему усмотрѣнію, могъ его употребить, или на благотворительныя дѣла, или на нужды Общества. Обѣдомъ 14 Марта кончился годъ фактической дѣятельности Общества и начался новый, въ который Общество почти исключительно посвятило себя разсмотрѣнію двухъ весьма важныхъ вопросовъ морской техники: «о водоотливной системѣ боеваго судна и его непотопляемости» и «о выработкѣ инструкцій по уходу за паровыми судовыми машинами и котлами».

Редакторъ Ст. Инж.-Мех. Г. Піо-Ульскій.

Циркуляція воды въ паровыхъ котлахъ (*).

Въ каждомъ паровомъ котлѣ регулярный притокъ воды къ поверхностямъ нагрѣва, на смѣну обратившейся въ паръ, играетъ очень важную роль въ парообразовательной способности котла. Опыты надъ теплопоглощательною способностію различныхъ жидкостей (капельныхъ и газообразныхъ), соприкасающихся съ нагрѣваемыми металлическими листами, показываютъ, что тепло—поглощательная способность капельныхъ жидкостей значительно больше, чѣмъ газообразныхъ, а потому чѣмъ быстрее отдѣляются пары жидкости отъ поверхностей нагрѣва, замѣняясь капельною жидкостью, тѣмъ парообразовательная способность поверхности нагрѣва будетъ болѣе. Имѣя это въ виду, надо обращать серьезное вниманіе на быстрое возобновленіе слоевъ воды, соприкасающихся съ поверхностью нагрѣва въ паровыхъ котлахъ, что достигается только при надлежащемъ движеніи воды по этимъ поверхностямъ, или, какъ принято говорить, при *циркуляціи* воды. Надлежащая циркуляція воды въ особенности важна для котловъ миноносцевъ, отъ которыхъ требуется огромная паропроизводительность при небольшихъ размѣрахъ котла. Для лицъ, на которыхъ лежитъ отвѣтственность за правильное дѣйствіе котловъ и должную ихъ работоспособность, вопросъ о циркуля-

(*) Докладъ въ Обществѣ морскихъ инженеровъ 15 и 22 Января 1897 г.

При составленіи этого доклада я пользовался слѣд. сочиненіями:

Bellens. Traité des chaudières à vapeur.—Bertin. Chaudières marines. Transactions of naval architects.—Мелкія статьи изъ журналовъ Engineering и Practical Engineer. Наконецъ, для изученія вопроса о циркуляціи воды въ котлахъ мною были произведены рядъ опытовъ въ лабораторіяхъ Морского Техн. Уч.; опыты эти были поставлены при любезномъ содѣйствіи преподавателя физики въ Морск. Тех. Уч. Н. П. Нѣмцова, которому считаю своимъ долгомъ выразить глубокую признательность.

Докладчикъ.

ціи воды въ котлахъ и средствахъ для ея облегченія долженъ представлять большую важность.

Въ настоящемъ докладѣ я и имѣю въ виду познакомить членовъ Общества Морскихъ Инженеровъ съ этимъ вопросомъ и показать нѣсколько опытовъ для лучшаго освѣщенія нѣкоторыхъ сторонъ этого вопроса.

Поглощеніе теплоты водою. Теплопроводность жидкостей, какъ капельныхъ такъ и газообразныхъ, ничтожна; такъ, для слоя жидкости въ 1 кв. м. поверхности и въ 1 м.-м. толщины, при разности температуръ съ той и другой стороны въ 1° Ц., количество переданной теплоты въ 1 сек. немного болѣе 0,001 калоріи—для капельныхъ жидкостей и менѣе 0,0001 к.—для газообразныхъ. Чтобы наглядно судить о ничтожной теплопроводности воды, укажемъ на слѣдующій опытъ Румфорда: берутъ два стеклянныхъ цилиндрическихъ сосуда съ замороженною водою и наливаютъ сверху въ каждый изъ нихъ по одинаковому количеству воды—въ одинъ при 0° , въ другой при температурѣ кипѣнія; если по истеченіи нѣкотораго, достаточно продолжительнаго, времени слить воду изъ сосудовъ и взвѣсить ее, то окажется, что количество растаявшаго льда ничтожно и одинаково въ томъ и другомъ сосудѣ. Еще болѣе поразителенъ опытъ (показывающій ничтожную теплопроводность воды) кипяченія воды на кускѣ льда, причемъ послѣдній остается не расплавленнымъ.

Единственный способъ распространенія теплоты въ водѣ есть такъ называемый способъ *переноса* или *конвекціи*.—При нагрѣваніи жидкости снизу, частицы ея, соприкасающіяся съ поверхностію нагрѣва, воспринимаютъ теплоту и, становясь вслѣдствіе этого болѣе легкими, поднимаются вверхъ, отдавая на своемъ пути теплоту окружающимъ частицамъ; въ свою очередь, болѣе холодныя, а слѣдовательно, и болѣе плотныя частицы опускаются внизъ къ поверхности нагрѣва, та-

кимъ путемъ и происходитъ распространеніе теплоты во всей массѣ жидкости. Такіе токи жидкости, возбуждаемые въ ней при нагрѣваніи, называются *конвекціонными*. Всякая причина, стѣсняющая свободное образованіе конвекціонныхъ токовъ, замедляетъ распространеніе теплоты въ жидкости и уравниваніе температуры въ различныхъ ея частяхъ.

Кипяченіе воды въ открытомъ сосудѣ. Прослѣдимъ за кипяченіемъ воды въ открытомъ сосудѣ. — Возьмемъ цилиндрической стеклянный сосудъ съ плоскимъ дномъ, открытый сверху, и для наблюденія за конвекціонными токами набросаемъ въ воду мелкихъ кусковъ пропускной бумаги; будемъ нагрѣвать дно сосуда газовой горѣлкой Бунзена. При началѣ нагрѣванія, какъ вы видите, въ водѣ образуются довольно правильные конвекціонные токи, и парообразованіе происходитъ только съ поверхности, при дальнѣйшемъ нагрѣваніи токи становятся менѣ правильными и затѣмъ начинается образованіе пузырьковъ пара на днѣ сосуда, т. е. начинается настоящее *кипѣніе* жидкости. При сильномъ нагрѣваніи въ различныхъ точкахъ дна сосуда образуются какъ бы фонтаны или ключи изъ пара, мѣняющіе мѣсто своего образованія (отсюда образное выраженіе «кипитъ ключемъ»). Куски бумаги, попадающіе въ такіе фонтаны, подбрасываются вверхъ, а затѣмъ опускаются внизъ, указывая такимъ образомъ направленіе конвекціонныхъ токовъ въ различныхъ мѣстахъ кипящей жидкости. Бумажки, коснувшіяся дна сосуда, пристають къ нему на нѣкоторое время, пока не будетъ оторваны фонтаномъ пара, образовавшимся въ данномъ мѣстѣ или близкимъ къ нему; къ боковымъ, не нагрѣваемымъ, стѣнкамъ бумажки не пристають.

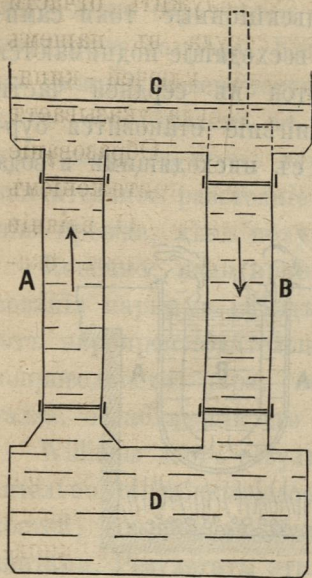
Различные экспериментаторы, изучавшіе явленіе кипѣнія жидкостей, и между ними французскій физикъ Peclet, обращаютъ вниманіе на слѣдующую особенность кипѣнія: конвекціонные токи образуются не во всей массѣ жидкости, а весьма тонкій слой ея, соприкасающійся съ поверхностью нагрѣва, остается неподвижнымъ, не смотря на присутствіе по сосѣдству съ нимъ, въ разстояніи всего нѣсколькихъ миллиметровъ сильныхъ конвекціонныхъ токовъ. Признакомъ присутствія этого

неподвижного или *застойнаго* слоя можетъ служить отчасти пристаиваніе кусочковъ бумаги къ дну сосуда въ нашемъ опытѣ; съ другой же стороны, образованіе ключей кипящей жидкости въ различныхъ точкахъ дна сосуда указываетъ на прорывъ застойнаго слоя въ этихъ мѣстахъ. Образованіе застойнаго слоя можно объяснить частичнымъ притяженіемъ или прилипаніемъ воды къ поверхности нагрѣва. О вліяніи этого слоя на количество передаваемой теплоты будетъ сказано впослѣдствіи.

Съ уменьшеніемъ свободной поверхности кипящей жидкости конвекціонные токи дѣлаются слабѣе, при той же интенсивности нагрѣванія, и шарики пара передъ выдѣленіемъ изъ жидкости скучиваются вмѣстѣ; при этомъ количество образующагося пара становится меньше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, что легко провѣрить сравнительными опытами кипяченія того же количества жидкости при различныхъ величинахъ свободной поверхности.

Вліяніе свободной и стѣсненной циркуляціи на парообразованіе. Возбужденіе сильныхъ конвекціонныхъ токовъ въ кипящей жидкости способствуетъ болѣе быстрой возобновленію частицъ жидкости у поверхности нагрѣва, а вмѣстѣ съ тѣмъ способствуетъ и болѣе быстрому поглощенію теплоты жидкостью; а потому должны быть предпринимаемы всевозможныя мѣры къ облегченію и направленію конвекціонныхъ токовъ, т. е. мѣры, облегчающія свободную циркуляцію; наоборотъ, всякія препятствія для свободнаго развитія конвекціонныхъ токовъ должны быть устраняемы.

Самое раціональное расположеніе парообразовательнаго прибора будетъ то, при которомъ конвекціонные токи не только не встрѣчаютъ препятствій, а наоборотъ, будутъ раздѣлены другъ отъ друга. Отсутствіе же каналовъ, раздѣляющихъ другъ отъ друга конвекціонные токи, вызываетъ бурное и порывистое выдѣленіе паровъ, что можно видѣть изъ слѣдующаго опыта.



Фиг. 1.

Возьмемъ два жестяныхъ сосуда С и D (фиг. 1) съ горлышками и соединимъ ихъ стеклянными трубками А и В для наблюдений.

Если будемъ нижній сосудъ сильно нагрѣвать нѣсколькими газовыми горѣлками, то легко замѣтимъ потокъ изъ смѣси пара съ водою, поднимающійся въ трубкѣ А и опускающійся въ трубкѣ В. Такое раздѣленіе потоковъ создаетъ наиболѣе благопріятныя условія для свободнаго выдѣленія пара изъ верхняго сосуда и для свободнаго доступа воды въ нижній сосудъ, къ поверхности нагрѣва. Если же верхнее отверстіе трубки В заткнуть пробкою, то

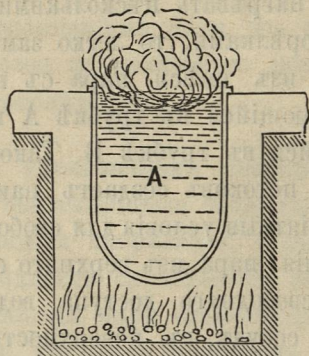
трубка А должна будетъ выполнять двойную роль — пропускать паръ въ верхній сосудъ и воду изъ верхняго въ нижній. При этомъ выдѣленіе пара становится бурнымъ и перемежающимся: паръ, собравшійся въ достаточномъ количествѣ въ нижнемъ сосудѣ, внезапно прорывается вверхъ, увлекая съ собою почти всю воду изъ трубокъ и нижняго сосуда, въ то же время масса холодной воды устремляется внизъ, чтобы занять пустое пространство. Вслѣдъ за этимъ наступаетъ періодъ покоя, въ продолженіи котораго холодная вода, попавшая въ нижній сосудъ, нагрѣвается, а затѣмъ снова повторяется прежнее явленіе.

Этотъ опытъ въ маломъ масштабѣ даетъ намъ понятіе о тѣхъ явленіяхъ, какія происходятъ въ паровыхъ котлахъ, лишенныхъ свободной циркуляціи.

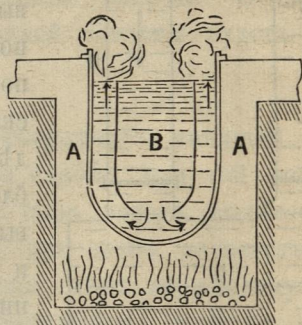
Parkins произвелъ множество опытовъ для доказательства, на сколько канализація конвекціонныхъ токовъ облегчаетъ парообразование. —

При кипяченіи воды въ закрытомъ или открытомъ котлѣ А (фиг. 2), при умѣренномъ жарѣ, кипѣніе будетъ болѣе

или менѣе спокойнымъ, причемъ конвекціонные токи самособою раздѣляются другъ отъ друга: восходящіе поднимаются вдоль стѣнокъ, нисходящіе опускаются въ средней части котла. При интенсивномъ же жарѣ кипѣніе становится бурнымъ, восходящіе токи сталкиваются съ нисходящими и вода



Фиг. 2.



Фиг. 3.

выбрасывается изъ котла. Вставимъ теперь въ сосудъ А другой В (фиг. 3) меньшихъ размѣровъ, съ отверстіемъ въ днѣ; при надлежащихъ размѣрахъ и положеніи этого второго сосуда восходящіе конвекціонные токи будутъ отдѣлены отъ нисходящихъ, и кипѣніе сдѣлается спокойнымъ, безъ подбрасыванія воды, не смотря на интенсивность нагрѣванія. Замѣтимъ при этомъ, что попытки направить, помощью приличныхъ діафрагмъ, восходящій токъ къ центру сосуда никогда не удаются.

Образованіе паровыхъ подушекъ. При стѣсненіи свободнаго выхода пара могутъ образоваться мѣстныя скопленія его или такъ называемыя *паровыя подушки* или *паровыя гнѣзда*. На горизонтальныхъ и плоскихъ поверхностяхъ нагрѣва, съ которыхъ паръ легко можетъ выдѣляться, образованія паровыхъ гнѣздъ, вообще, не бываетъ, но таковыя легко образуются на поверхностяхъ нагрѣва вертикальныхъ и наклонныхъ; пузырьки пара, образующіеся на такихъ поверхностяхъ, должны при своемъ подъемѣ слѣдовать по этимъ поверхностямъ, отчего подъемъ ихъ будетъ затрудненъ; при этомъ пузырьки пара, образующіеся въ нижнихъ частяхъ, присоединяются къ тѣмъ, которые выдѣлились въ верхнихъ, вслѣдствіе

чего легко образуются слои пара, отдѣляющіе воду отъ поверхности нагрѣва. Еще легче образуются паровыя подушки на нижней поверхности цилиндровъ, нагрѣваемыхъ изнутри, какъ это бываетъ въ морскихъ цилиндрическихъ котлахъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ пузырьки пара должны пройти значительное разстояніе почти по горизонтальному направленію прежде, чѣмъ получатъ возможность подниматься вверхъ.

Конечно, надо принимать возможные мѣры противъ образованія парвыхъ гнѣздъ, такъ какъ онѣ не только уменьшаютъ паропроизводительность котла, но, благодаря плохой теплопроводности пара, легко могутъ вызвать перегрѣвъ металла, ослабляющій его прочность.

Williams даетъ результаты многочисленныхъ опытовъ относительно теплопоглощательной способности различныхъ жидкостей, соприкасающихся съ нагрѣваемыми металлическими листами. Результаты этихъ опытовъ достаточно точно представлены въ ниже приведенной таблицѣ. Пусть поверхность нагрѣва принимаетъ 1000 калорій, тогда количества теплоты, воспринимаемой различными жидкостями, соприкасающимися съ поверхностью нагрѣва, выразятся слѣдующими числами.

Принимающая теплоту жидкость.	Колич. тепл. принятое метал. лист.	Колич. тепл. отданное метал.листомъ	Колич. тепл. оставшееся въ мет. листѣ.
Вода.	1000	1000	0
Вода и паръ	1000	800	200
Паръ.	1000	600	400
Воздухъ	1000	400	600

Столь большую разницу, какъ показано въ таблицѣ, между теплопоглощательными способностями воды и пара, при той же температурѣ ихъ, легко объяснить слѣд. образомъ: теплотѣ,

передаваемая частицамъ воды при температурѣ кипѣнія, не повышаетъ ихъ температуры, а поглощается въ видѣ скрытой теплоты (при обращеніи въ паръ), и количество такой теплоты, какъ мы знаемъ, очень велико: между тѣмъ теплота, передаваемая пару, повышаетъ его температуру, вслѣдствіе чего разность между температурами поверхности нагрѣва и соприкасающагося съ него пара уменьшается, а вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшается количество теплоты, поглощаемой паромъ; при этомъ температура пара можетъ возрасти очень быстро, такъ какъ теплоемкость его не велика.

Вліяніе неподвижнаго слоя на передачу теплоты. При кипѣніи воды, какъ мы видѣли, образуются энергичные конвекціонные токи, при чемъ восходящіе токи уносятъ къ свободной поверхности нагрѣва частицы воды и пузырьки пара, образовавшіеся на поверхности нагрѣва, а нисходящіе приводятъ въ соприкосновеніе съ этою поверхностью новыя массы воды. Но частицы воды, приносимыя къ поверхности нагрѣва, не приходятъ въ непосредственное соприкосновеніе съ нею, а отдѣляются неподвижнымъ слоемъ жидкости, какъ бы прилипшимъ къ поверхности нагрѣва. Этотъ неподвижный слой не участвуетъ въ конвекціонныхъ токахъ, хотя въ немъ безъ сомнѣнія происходятъ подъ дѣйствіемъ теплоты сильныя частичныя движенія.

Неподвижный слой значительно замедляетъ передачу теплоты. Дѣйствительно, изъ наблюденій оказывается, что количество теплоты, которое можетъ передать металлическій листъ водѣ при удаленіи неподвижнаго слоя, значительно больше того, какое онъ передаетъ на самомъ дѣлѣ при обыкновенныхъ условіяхъ, причемъ въ послѣднемъ случаѣ природа и толщина металла оказываютъ весьма слабое вліяніе на количество передаваемой теплоты. Это и понятно, такъ какъ въ присутствіи неподвижнаго слоя передача теплоты и обуславливается главнымъ образомъ этимъ послѣднимъ, а не природою металла. Въ лабораторныхъ опытахъ надъ сравнительною теплопроводностью различныхъ металловъ, когда пріемникомъ теплоты служитъ вода или другая жидкость, непременно надо позаботиться для полученія правильныхъ результатовъ объ

удаленіи неподвижнаго слоя; обыкновенно при такихъ опытахъ поверхности металлическихъ листовъ, соприкасающіяся съ нагрѣваемой жидкостью, непрерывно трутъ щетками, удаляя такимъ образомъ механически частицы жидкости, прилипшія къ нагрѣваемой поверхности, и приводя въ соприкосновеніе съ нею новыя частицы.—При опытахъ, такимъ образомъ обставленныхъ, удавалось испарять до 400 килограммовъ воды въ часъ на одномъ кв. метрѣ нагрѣваемой поверхности, состоявшей изъ одной мѣдной трубы небольшого діаметра, при разности температуръ въ 45°.

На сколько важна роль неподвижнаго слоя въ количествѣ передаваемой теплоты, приведемъ данныя изъ опытовъ Hirsh надъ количествомъ передаваемой теплоты при обыкновенныхъ условіяхъ, т. е. безъ удаленія застойнаго слоя; разности температуръ поверхности нагрѣва и воды, приведенныя въ таблицѣ, найдены опытнымъ путемъ.

Разность температуръ.	Количество теплоты переданное кв. метромъ въ часъ (въ калоріяхъ).	Разность темп. которой было бы достаточно для передачи этого колич. теплоты.	Количество теплоты, которое могло быть передано при наблюдаемой разности температуръ.
75	63700	11	442800
87	95550	17	513548
100	127400	22	590400
112	159250	27	661648
122	191100	33	720688
135	222950	38	797040
142	235690	40	838368

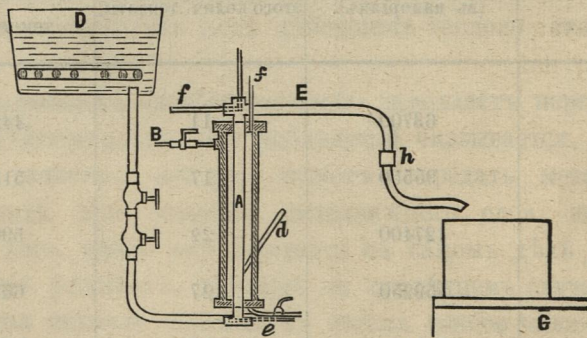
Вліяніе на передачу теплоты движенія жидкости по поверхности нагрѣва.—Опыты Гагемана. Быстрое возобновленіе

слоевъ воды, соприкасающейся съ поверхностями нагрѣва въ паровыхъ котлахъ, имѣетъ очень важное вліяніе на ихъ паропроизводительность, а потому при устройствѣ котловъ надо принимать мѣры не только для облегченія и направленія конвекціонныхъ токовъ, о чемъ мы говорили выше, но и противъ образованія неподвижного слоя на поверхностяхъ нагрѣва.

Дѣйствительнымъ средствомъ противъ образованія неподвижного слоя на поверхностяхъ нагрѣва паровыхъ котловъ можетъ служить сообщеніе водѣ нѣкотораго начального движенія по этимъ поверхностямъ, вызываемаго тѣми или другими средствами. Вода, движущаяся по поверхности нагрѣва, не только будетъ быстрѣе воспринимать теплоту, но будетъ въ то же время отрывать отъ этой поверхности пузырьки пара и такимъ образомъ будетъ препятствовать образованію паровыхъ подушекъ, столь вредныхъ для паропроизводительности и прочности котла.

Чтобы показать, на сколько усиливается передача теплоты водѣ, движущейся по поверхности нагрѣва, приведемъ опыты Гегемана *).

Приборъ, которымъ пользовался Гегеманъ, представленъ на фиг. 4-й.



Фиг. 4.

А—чугунный цилиндръ съ діаметромъ въ 152 м.м., внутри коего находится латунная трубка въ 49 м.-м. діаметромъ и 2 м.-м. толщины; длина ея въ чугунномъ цилиндрѣ 0,941 м.-м.,

ея поверхность 0,133 кв. м. Эта трубка нижнимъ своимъ концомъ сообщается съ резервуаромъ D, наполненнымъ водою, которую можно подогревать до желаемой температуры помощью змѣвика съ паромъ; расходъ воды изъ резервуара D регулируется двумя клапанами. Верхній конецъ латунной трубки соединяется съ отводной трубой E, которая отливаетъ воду помощью откидного рукава H въ мѣрительный сосудъ G, помещаемый на платформѣ вѣсовъ; откидной рукавъ направляютъ въ сосудъ G въ моментъ начала наблюденія. Въ верхнюю часть сосуда A пускается паръ трубкою B, а изъ нижней выпускается трубкою C. Въ латунную трубку вставлены 3 чувствительныхъ термометра f , f и e для измѣренія температуры струи воды; такіе же термометры d и d вставлены въ чугунный сосудъ для измѣренія температуры пара, причемъ для контроля имѣется металлическій манометръ.

Если черезъ T обозначимъ температуру пара въ чугунномъ сосудѣ, черезъ t_1 и t_2 температуру воды при входѣ и выходѣ изъ латунной трубки, то

$$T = \frac{t_2 + t_1}{2} = \text{средн. разн. темп.}$$

Обозначая черезъ A килогр. вѣсъ воды, протекающей въ Θ минутъ, найдемъ

$$\frac{A}{\Theta} (t_2 - t_1)$$

калорій, поглощенныхъ водою въ минуту. Раздѣливъ второе выраженіе на первое, получимъ частное

$$\frac{2A}{\Theta} \frac{(t_2 - t_1)}{2T - t_2 - t_1},$$

которое представитъ число калорій, поглощенныхъ водою въ минуту при разности темпер. въ 1°.

Раздѣляя послѣднее выраженіе на поверхность S латунной трубки, получимъ число калорій

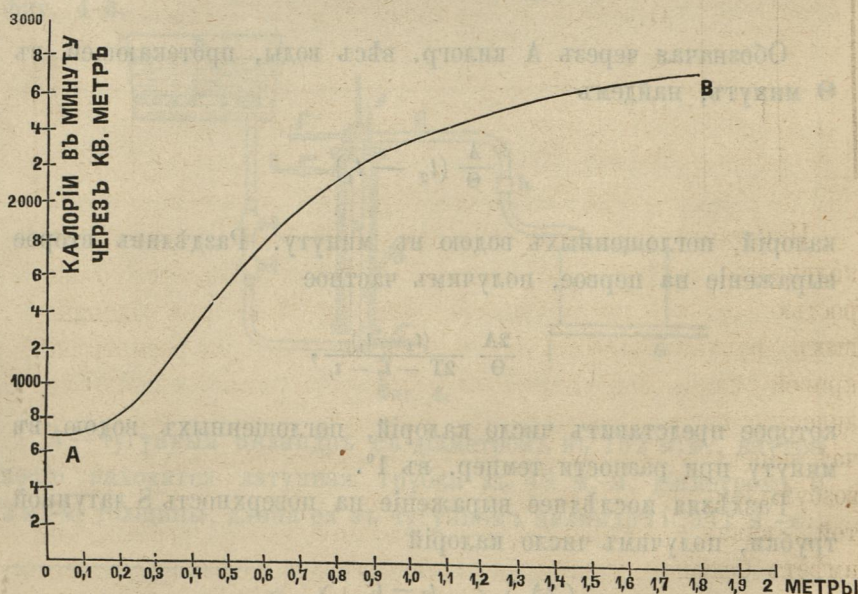
$$\left(\frac{2A}{\Theta} \right) \left(\frac{t_2 - t_1}{2T - t_2 - t_1} \right) : S$$

поглощаемыхъ въ 1 м. однимъ кв. м. поверхн. при разности темп. въ 1° .

Въ началѣ своихъ опытовъ Гегеманъ замѣтилъ, что показанія термометровъ f и f были не постоянны и что средняя температура, указываемая термометрами f , f и e , была ниже темп. воды въ мѣрительномъ сосудѣ; такое несходство показаній происходило отъ того, что концентрическіе слои воды, протекающей по латунной трубкѣ, имѣли различную температуру, повышающуюся отъ центра къ окружности. Неудобство это было устранено вставкою въ латунную трубку другой съ діаметромъ въ 38,5 м.м. причемъ слой текущей воды былъ всего въ 3,25 м.м.

Въ первой серіи своихъ опытовъ Гегеманъ имѣлъ въ виду опредѣлить количества теплоты, поглощаемой водою, въ зависимости отъ ея скорости теченія, при постоянной разности температуръ пара и воды, причемъ давленіе пара поддерживалось равнымъ атмосферному.

Результаты этой серіи опытовъ показаны въ таблицѣ и изображены графически на фигурѣ 5-й кривою АВ; при построеніи этой кривой за абсциссы приняты скорости струи



Фиг. 5.

воды въ метрахъ въ сек., а за ординаты количества теплоты въ калоріяхъ, поглощенной водою въ мин. на 1 кв. м. поверхности нагрѣва при разности температуръ въ 1° .

Парь.		В о д а.			Разность между темп. пара и сред-нею темп. воды.	Колич. тепл. поглощ. водою 1° разн. темп. 1 минута. 1 кв. м. пов.	Скорость теченія воды въ метр. въ сек.
Давленіе.	Температура	Температура при входѣ.	Температура при выходѣ.	Разность темп. воды.			
0	100	26,1	70,6	44,5	51,7	14,85	0,092
		25,8	70,7	44,9	51,8		
		32,2	63,7	31,5	52,2	16,05	0,14
		32,2	63,4	31,2	52,2		
		37,0	58,8	21,8	52,1	21,50	0,272
		36,8	58,7	21,9	52,1		
		41,3	56,0	14,7	51,4	42,75	0,792
		41,2	56,0	14,8	51,4		
		41,3	52,9	11,6	52,9	48,8	1,238
		42,8	51,4	8,6	52,7	53,4	1,703
		41,1	50,5	9,3	54,2	56,9	1,726
		50,7	58	7,3	45,7	54,4	1,808

Изъ таблицы, а также по ходу кривой АВ, видимъ, что количество теплоты, поглощаемой водою, увеличивается со скоростью теченія ея по поверхности нагрѣва, при одинаковыхъ другихъ условіяхъ опыта. Кромѣ того, изъ разсмотрѣнія кривой находимъ, что при скорости воды равной нулю, количество поглощаемой теплоты не равно нулю: въ этомъ случаѣ передача теплоты обусловливается конвекціонными токами, возбуждаемыми въ водѣ. Начальная скорость воды меньшая той, какая обусловливается конвенціонными токами, не имѣетъ большого вліянія на количество передаваемой теплоты, но за этимъ предѣломъ передача теплоты значительно увеличивается со скоростью.

Стѣсненіе свободной циркуляціи въ огнетрубныхъ котлахъ.
Расположеніе поверхностей нагрѣва въ морскихъ цилиндрическихъ котлахъ таково, что свободное образованіе въ нихъ конвекціонныхъ токовъ, равно какъ и свободное выдѣленіе пара стѣснены въ значительной степени. Въ самомъ дѣлѣ, наиболѣе активная поверхность нагрѣва въ этихъ котлахъ есть небо топки; здѣсь происходитъ наибольшее образованіе пара, но выходъ этого пара къ свободной поверхности стѣсненъ рядомъ дымогарныхъ трубокъ, весьма тѣсно расположенныхъ надъ небомъ топки; по той же причинѣ свободное развитіе конвекціонныхъ токовъ также затруднено. Въ нѣкоторыхъ огнетрубныхъ котлахъ можно встрѣтить расположеніе дымогарныхъ трубокъ не вертикальными рядами, а въ шахматномъ порядкѣ; очевидно, при такомъ устройствѣ совершенно игнорируется важность свободной циркуляціи воды. Замѣтимъ еще, что въ 3-хъ топочныхъ цилиндрическихъ котлахъ выходъ пара изъ пространствъ между среднею и боковыми топками также очень затрудненъ; слои воды въ этихъ пространствахъ имѣютъ направленіе приблизительно подъ угломъ въ 45° къ горизонту, благодаря чему эти слои, при полной дѣятельности котла, по временамъ почти вполнѣ вытѣсняются паромъ; отсюда и происходитъ такъ часто случающееся ослабленіе топокъ именно въ этихъ мѣстахъ.

Въ котлахъ локомотивнаго типа паръ, образующійся на боковыхъ поверхностяхъ топки, также встрѣчаетъ значительныя препятствія для своего выхода, отчего пространство между боками топки и оболочкой котла иногда сплошь заполняется паромъ: черезъ трубку, вставленную въ оболочку котла и продолженную до поверхности нагрѣва въ этихъ пространствахъ, иногда вытекаетъ только паръ, какъ показываютъ наблюденія.

Мѣры для усиленія свободной циркуляціи. — Направляющіе щиты.

Разсмотримъ нѣкоторые изъ средствъ, къ которымъ прибѣгаютъ для усиленія циркуляціи въ паровыхъ котлахъ (цир-

куляціи воды въ водотрубныхъ котлахъ посвящена далѣе отдѣльная глава).

Въ огнетрубныхъ котлахъ для усиленія циркуляціи ставятъ иногда направляющіе листы или щиты между рядами дымогарныхъ трубокъ, равно какъ между этими послѣдними и наружной оболочкой котла; въ котлахъ локомотивнаго типа такіе щиты ставятъ въ пространствахъ между боками топки и оболочкой котла. Какъ показалъ опытъ, направляющіе щиты мало помогаютъ дѣлу, а между тѣмъ загромождаютъ внутренность котла, и безъ того мало доступную.

Уничтоженіе одного или нѣсколькихъ рядовъ дымогарныхъ трубокъ надъ топками значительно облегчаетъ выдѣленіе пара и увеличиваетъ паропроизводительную способность котла, что подтверждено опытами; къ сожалѣнію, къ этой мѣрѣ рѣдко прибѣгаютъ.

Механическія средства для усиленія циркуляціи. Различныя механическія средства для усиленія циркуляціи воды, примѣняемыя въ настоящее время въ паровыхъ котлахъ, не столько имѣютъ въ виду циркуляцію воды по поверхностямъ нагрѣва, сколько перемѣшиваніе воды, для уравниванія ея температуры въ различныхъ частяхъ котла, въ чемъ особенно нуждаются большіе цилиндрическіе котлы. Изъ такихъ средствъ надо прежде всего указать на такъ называемые *гидрокинетеры*, которые по сущности своего устройства представляютъ пароструйные насосы, дѣйствующіе по принципу Жиффарда. Гидрокинетеры ставятся обыкновенно въ нижней части котла, откуда они берутъ холодную воду и выбрасываютъ ее въ болѣе нагрѣтыя части котла; паръ для гидрокинетеровъ обыкновенно берется изъ вспомогательнаго котла.

Для перемѣшиванія воды, холодной съ горячею, въ послѣднее время иногда пользуются питательными помпами; помощію особой системы трубъ холодная вода берется этими помпами изъ нижней части котла и выбрасывается въ верхнюю, но лучше перемѣщать воду въ обратномъ направленіи. Подобное средство теперь примѣняется на нашихъ новыхъ судахъ.

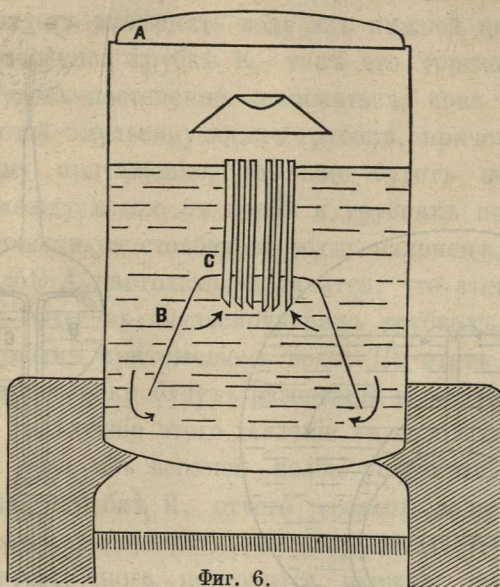
Для уравниванія температуры воды въ различныхъ частяхъ котла на французскихъ военныхъ судахъ пользуются турбиною Garnier. Эта турбина представляетъ изъ себя небольшую центробѣжную помпу, которая ставится въ самомъ котлѣ; она беретъ горячую воду около горизонта и выбрасываетъ въ нижнія части котла. При разводкѣ паровъ эту помпу приводятъ въ движеніе вручную, а затѣмъ, во время работы котла, она дѣйствуетъ паромъ изъ этого самаго котла. Вотъ главные размѣры турбины, приводящей въ движеніе до 20 тоннъ воды въ часъ, при 400 оборотахъ въ мин. и при давленіи пара 7 килогр.

діаметръ пароваго цилиндра	45 м.м.
ходъ поршня	40 »
діаметръ центробѣжной помпы.	280 »

Эмульсёръ Dubiau. Bellens въ своемъ сочиненіи о паровыхъ котлахъ приводитъ описаніе одного оригинальнаго прибора для усиленія циркуляціи воды въ паровыхъ котлахъ, изобрѣтеннаго французскимъ инженеромъ Dubiau.

На фигурѣ 6-й представлено схематическое изображеніе устройства и расположенія этого прибора. Въ сущности онъ состоитъ изъ располагаемаго подъ рабочимъ уровнемъ воды въ котлѣ, колокола или экрана В, подъ которымъ собирается паръ съ поверхностей нагрѣва; этотъ колоколъ пронизывается рядомъ вертикальныхъ трубокъ С небольшого діаметра, верхніе концы которыхъ выходятъ поверхъ рабочаго уровня воды въ котлѣ; концы трубокъ, какъ верхніе такъ и нижніе, находятся въ горизонтальныхъ плоскостяхъ. Разсмотримъ дѣйствіе этого прибора. — Паръ, образующійся на поверхности нагрѣва, собирается подъ колоколомъ В и выдавливаетъ изъ него воду, образуя такимъ образомъ подъ колоколомъ другой горизонтъ воды, ниже рабочаго уровня. Когда этотъ горизонтъ коснется концовъ трубокъ въ видѣ свистковъ, то пониженіе воды еще продолжится на нѣкоторую величину, такъ какъ капиллярное притяженіе воды продолжаетъ соединять горизонтъ воды въ колоколѣ съ водою въ трубкахъ. Наконецъ, эти соединительные столбики воды

разрываются и паръ проникаетъ въ трубки, поднимая находящуюся въ нихъ воду. Благодаря прорыву пара изъ-подъ колокола давленіе въ немъ понижается и горизонтъ воды, под-



Фиг. 6.

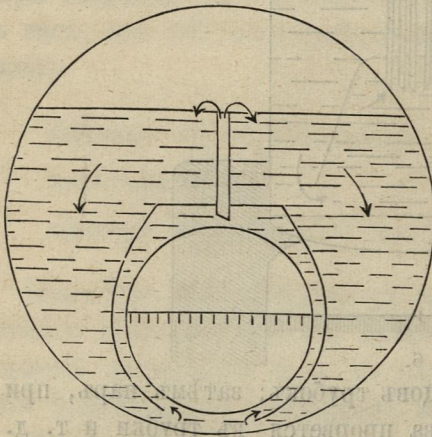
нявшись, снова коснется концовъ трубокъ; затѣмъ паръ, при увеличеніи его давленія, снова прорвется въ трубки и т. д. Такимъ образомъ, по мѣрѣ скопленія пара въ колоколѣ, будетъ происходить непрерывное вытекание его изъ-подъ колокола, черезъ трубки, въ паровое пространство котла, въ то время какъ окружающая колоколъ вода будетъ вступать въ него по направленію стрѣлокъ, омывая поверхность нагрѣва. Такое теченіе воды вызывается, въ присутствіи этого прибора, не конвенціонными токами, а образованіемъ пара.

Приборъ этотъ названъ изобрѣтателемъ эмульсѣромъ на томъ основаніи, что по трубкамъ течетъ непрерывно какъ-бы эмульсія изъ пара и воды.

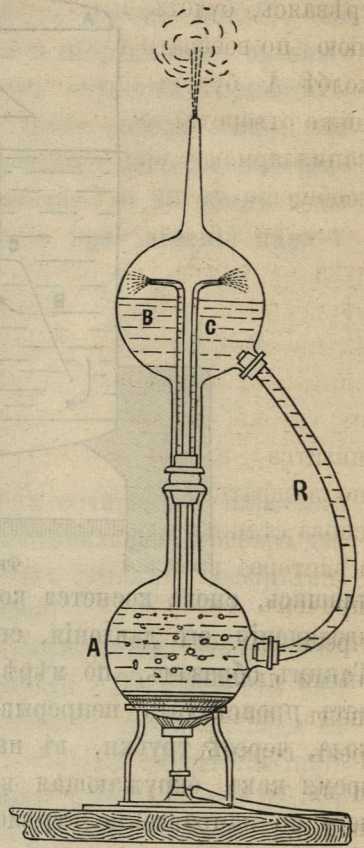
Bellens даетъ столь лестные отзывы объ этомъ приборѣ со стороны его простоты, удобопримѣнимости и полезности въ паровыхъ котлахъ, что называетъ его «Колумбовымъ яйцомъ» (l'oeuf de Christoph Columb).

На фигурѣ 7-й показано примѣненіе эмульсѣра Dubiau къ цилиндрическому котлу съ одной внутренней топкой. Горизонтъ

воды при разводе паровъ держится немного выше верхнихъ концовъ эмульсирующихъ трубокъ, что способствуетъ лучшей циркуляціи воды при началѣ дѣйствія котла.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Съ дѣйствіемъ эмульсера Dubiau можно познакомиться на напѣмъ демонстративномъ приборѣ (см. фигуру 8-ю).

Приборъ состоитъ изъ двухъ стеклянныхъ колбъ А и В, соединенныхъ своими горлышками общою пробкою, сквозь которую пропущено нѣсколько тонкихъ стеклянныхъ трубокъ С, верхніе концы которыхъ должны выходить выше уровня воды въ верхней колбѣ; обѣ колбы сообщаются другъ съ другомъ возвратною трубкою R, а верхняя имѣетъ кромѣ того отростокъ для выпуска пара. Въ обѣ колбы наливается вода, причемъ горизонтъ ея въ нижней колбѣ будетъ стоять выше концовъ

трубокъ С. Будемъ нагрѣвать дно нижней колбы горѣлкой Бунзена. Вначалѣ нагрѣванія дѣйствіе прибора перемежающееся: воздухъ, заключенный въ верхней части колба А, нагрѣваясь, будетъ вытѣснять воду изъ нижней колбы въ верхнюю по возвратной трубкѣ R, такъ что горизонтъ воды въ колбѣ А будетъ постепенно понижаться, пока не опустится ниже отверстій эмульсирующихъ трубокъ, причемъ, благодаря капиллярному притяженію, все еще будетъ поддерживаться сообщеніе между водою въ колбѣ и трубкахъ помощію постепенно утончающихся столбиковъ воды; наконецъ, давленіе воздуха въ колбѣ А настолько увеличится, что станетъ равнымъ вѣсу столба воды въ эмульсирующихъ трубкахъ, сложенному съ капиллярнымъ притяженіемъ воды. Въ этотъ моментъ соединительные столбики будутъ разорваны и воздухъ проникнетъ въ трубки; вслѣдствіе этого давленіе въ колбѣ сейчасъ-же понизится, и вода изъ верхней колбы устремится въ нижнюю по возвратной трубкѣ R, отчего уровень воды въ колбѣ А снова станетъ выше отверстій эмульсирующихъ трубокъ. Спустя нѣкоторое время снова повторится прежнее явленіе и т. д., причемъ вмѣстѣ съ воздухомъ будетъ прорываться и паръ чрезъ эмульсирующія трубки. Промежутки между разсмотрѣнными явленіями съ теченіемъ времени уменьшаются, и наконецъ, начнется непрерывное дѣйствіе прибора; при этомъ чрезъ верхнія отверстія трубокъ будетъ вытекать паръ и вода и въ то же время нижняя колба по мѣрѣ испаренія воды въ ней, будетъ питаться изъ верхней чрезъ возвратную трубу. Вода въ колбѣ А, при дѣйствіи прибора, получаетъ довольно сильное движеніе. Bellenz о силѣ дѣйствія прибора выражается слѣдующимъ образомъ: «la circulation de l'eau acquiert bientôt une activité étonnante et si l'on a mélangé à l'eau du ballon inférieur des particules solides, celles-ci sont entraînées dans le torrent de la circulation et viennent s'accumuler dans le col du ballon supérieur». Въ моихъ демонстративныхъ опытахъ съ этимъ приборомъ особенно сильныхъ движеній воды въ нижней колбѣ не замѣчалось, однако, песокъ, наложенный въ нижнюю колбу, выносился чрезъ эмульсирующія трубки въ верхнюю.

На сколько сильно увеличивается циркуляція воды въ паровыхъ котлахъ, снабженныхъ приборомъ Dubiau, судить трудно по дѣйствию демонстративнаго прибора; Bellens приводитъ рядъ сравнительныхъ испытаній надъ котлами, работавшими съ этимъ приборомъ и безъ онаго, подтверждающихъ несомнѣнную его пользу. Не приводя подробныхъ данныхъ о результатахъ такихъ испытаній, ограничусь лишь указаніемъ на конечные выводы изъ нѣкоторыхъ изъ нихъ.

I. Въ береговомъ котлѣ съ кипятильникомъ наибольшая паропроизводительность была во время опытовъ 16,25 кил. воды въ 1 часъ на 1 кв. м. поверхности нагрѣва. Въ томъ-же котлѣ, снабженномъ приборомъ Dubiau, паропроизводительность увеличилась на 78%, при этомъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла оказался на 21% выше, чѣмъ въ первомъ случаѣ.

II. Сравнительные опыты надъ водотрубными береговыми котлами, снабженными приборомъ Dubiau, съ таковыми-же безъ этого прибора, дали въ первыхъ паропроизводительность почти втрое большую чѣмъ во вторыхъ, при экономіи угля въ 13,4%.

Циркуляція воды въ водотрубныхъ котлахъ.

Въ настоящее время миноносцы снабжаются почти исключительно водотрубными котлами; пока еще нѣтъ вполне установившагося типа такихъ котловъ, но наиболѣе распространены котлы Du-Temple, Normand, Yarrow и Thornycroft. Всѣ эти котлы отличаются легкостью и большою паропроизводительностью сравнительно съ прежними котлами локомотивнаго типа. Одною изъ главныхъ причинъ большой паропроизводительности этихъ котловъ, безъ сомнѣнія, надо считать сильную циркуляцію воды, въ нихъ достигнутую, почему эти котлы часто называютъ «котлами съ усиленной циркуляціей», въ отличіе отъ другихъ водотрубныхъ котловъ (Belleville, Allest, Oriolle и проч.), употребляемыхъ на большихъ судахъ, съ циркуляціею менѣе сильною.

Сильная циркуляція воды въ водотрубныхъ котлахъ миносцевъ происходитъ благодаря, такъ сказать, канализаціи конвекціонныхъ токовъ: въ однѣхъ группахъ водогрѣйныхъ трубокъ образуются восходящіе токи, въ другихъ—нисходящіе, въ нѣкоторыхъ котлахъ для нисходящихъ токовъ ставятся особыя трубы большаго діаметра, такъ называемыя *возвратныя* трубы.

Вопросъ о причинахъ циркуляціи въ водотрубныхъ котлахъ долгое время оставался запутаннымъ; уясненію вопроса много способствовали лабораторные опыты со стеклянными трубками, согнутыми въ видѣ французской буквы U, такъ какъ каждый водотрубный котелъ можно вообразить какъ-бы состоящимъ изъ цѣлаго ряда U-образныхъ трубокъ; дѣйствительно, каждая пара водогрѣйныхъ трубокъ, или одна водогрѣйная трубка въ связи съ возвратною, сообщаясь другъ съ другомъ посредствомъ водяного коллектора, представляетъ изъ себя ничто иное какъ U-образную трубку.

Описаніе явленія циркуляціи въ U-образной трубкѣ. Если возьмемъ согнутую въ видѣ буквы U стеклянную трубку, сообщающуюся своими концами съ резервуаромъ съ водой, и одно колѣно трубки начнемъ подогревать, то въ этомъ колѣнѣ тотчасъ-же образуется легкій восходящій токъ, а въ другомъ нисходящій; по мѣрѣ нагрѣванія быстрота потока увеличивается и становится особенно значительною, когда вода достигаетъ температуры кипѣнія. Наиболѣе быстрая циркуляція происходитъ при кипяченіи воды въ узкихъ трубкахъ, когда пузырьки пара достигаютъ такой величины, что занимаютъ всю площадь сѣченія трубки. Такой именно случай мыѣ приходилось наблюдать при кипяченіи воды въ трубкѣ съ діаметромъ въ 5 м.-м.

Циркуляція воды въ U-образныхъ трубкахъ происходитъ отчасти отъ разности плотностей жидкости въ томъ и другомъ колѣнѣ трубки и въ особенности отъ образованія пузырьковъ пара въ одномъ изъ ея колѣнъ.

I. *Циркуляція отъ расширенія воды при нагрѣваніи.* Пусть вся масса воды въ резервуарѣ и трубкѣ имѣетъ постоянную температуру t° ; если на одно изъ колѣнъ ея *ab* (фиг. 9), въ нѣкоторой точкѣ *a*, направимъ пламя газовой горѣлки и на-

грѣемъ воду въ этомъ колѣнѣ до температуры t_1 большей t , то, благодаря уменьшенію плотности воды, въ этомъ колѣнѣ получится восходящій токъ ея и въ то же время въ другомъ колѣнѣ—нисходящій.

Скорость циркуляціи, пренебрегая вредными сопротивленіями, можно опредѣлить по разности давленій воды въ точкѣ a со стороны того и другого колѣна. Обозначимъ плотность воды при температурѣ t черезъ δ , при температурѣ t_1 черезъ δ_1 и черезъ h метр. углубленіе точки a , отсчитывая его отъ конца трубки; тогда при этой точкѣ давленіе снизу, со стороны воды болѣе холодной, будетъ δh , а сверху, со стороны воды болѣе горячей, $\delta_1 h$, такъ что разность давленій будетъ $p = h(\delta - \delta_1)$.

Обозначая удѣльный объемъ воды, т. е. объемъ 1 килогр. воды въ куб. метрахъ, при температурѣ t черезъ v и при t_1 черезъ v_1 , представимъ предыдущую формулу въ слѣдующемъ видѣ

$$p = h \left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1} \right).$$

Если коэффициентъ кубическаго расширенія воды при температурѣ средней между t и t_1 есть α , то

$$v_1 = v [1 + \alpha (t_1 - t)],$$

а потому

$$p = \frac{h}{v} \left[1 - \frac{1}{1 + \alpha (t_1 - t)} \right] = \frac{h}{v} \times \frac{\alpha (t_1 - t)}{1 + \alpha (t_1 - t)}.$$

А такъ какъ $\frac{1}{v} = \delta$, то получимъ окончательно

$$p = \delta h \frac{\alpha + (t - t_1)}{1 + \alpha (t_1 - t)} \quad (1)$$

Коэффициентъ кубическаго расширенія воды α , вообще, не великъ (между температурами 180° и 190° онъ равенъ приблизительно 0,00134), такъ что при небольшой разности температуръ членомъ $\alpha (t_1 - t)$ можно пренебречь; въ такомъ случаѣ формула (1) приведетъ къ слѣдующей:

$$p = \delta h \alpha (t_1 - t) \text{ килогр. на 1 кв. м. } (2)$$

Какъ видимъ, разность давленій p пропорціональна разности температуръ въ обѣихъ колѣнахъ трубки.

Въ водотрубныхъ котлахъ съ хорошей циркуляціей разность температуръ въ различныхъ частяхъ водопотока, вообще, не превосходитъ 5° . Взявъ такую разность, вычислимъ величину p при давленіи пара въ котлѣ 12 килогр. на кв. сантим.

Давленію пара въ 12 килогр. соотвѣтствуетъ температура $t_1 = 187^\circ$; при такой температурѣ коэффициентъ кубическаго расширенія воды $\alpha = 0,00134$ приблизительно; полагая $\delta = 1000$ (въсь 1 куб. м. воды), получимъ по формулѣ (2):

$$p = 1000 \cdot 0,00134 \cdot 5 \cdot h = 6,7 h \text{ килогр.}$$

Взявъ $h = 1$ метру, вычислимъ скорость циркуляціи по формулѣ Торичелли

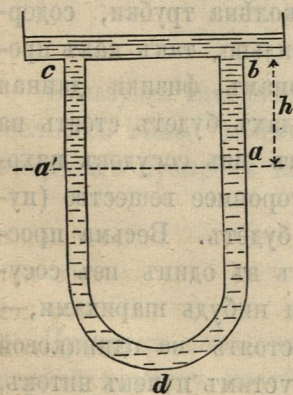
$$v = \sqrt{2g \frac{p}{\delta}};$$

для нашего случая, полагая $g = 10$ метр., получимъ

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot \frac{6,7}{1000}} = \sqrt{0,134} = 0,37 \text{ м.}$$

Обратимъ вниманіе на измѣненіе силы циркуляціи съ перемѣщеніемъ источника теплоты. Если источникъ тепла будемъ понижать до точки d (фиг. 9),

то циркуляція будетъ усиливаться; если же будемъ поднимать его по другой вѣтви dc , то циркуляція будетъ ослабѣвать, но сохранить прежнее направленіе. Наконецъ, когда источникъ теплоты поднимемъ до a' , на уровень съ a , циркуляція будетъ такая же, какъ и въ томъ случаѣ, когда источникъ былъ въ a . Причина этого явленія, съ перваго раза



Фиг. 9.

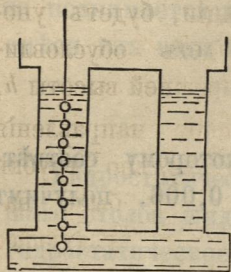
кажущагося страннымъ, та, что болѣе теплая вода колѣна dc , благодаря установившейся ранѣе циркуляціи, будетъ уноситься въ колѣно db , и сила циркуляціи будетъ обуславливаться разностью плотностей столбовъ воды прежней высоты h .

Изъ этого слѣдуетъ, что, для опредѣленія направленія циркуляціи, надо смотрѣть не на то, какое колѣно трубки нагрѣвается въ данный моментъ, а какое колѣно было нагрѣваемо вначалѣ. Обратимъ вниманіе еще на слѣдующее обстоятельство: если, имѣя источникъ теплоты въ точкѣ a' , приложимъ новый источникъ или нѣсколько источниковъ на контурѣ, $a' d a b$, то циркуляція усилится; такъ, циркуляція будетъ сильнѣе при двухъ источникахъ, въ a и a' , чѣмъ при одномъ въ a .

II. *Циркуляція отъ образованія пузырьковой пара.* Разсмотримъ теперь вторую причину циркуляціи въ U-образной трубкѣ — отъ образованія пузырьковой пара въ одномъ изъ ея колѣнъ.

До сихъ поръ эта причина не всѣми понимается одинаково. Такъ, нѣкоторые приписываютъ циркуляцію воды въ этомъ случаѣ разности плотностей — жидкости сплошной и жидкости, содержащей пузырьки пара — объясняя происхожденіе циркуляціи такимъ образомъ: столбъ сплошной жидкости, какъ болѣе плотной, въ одномъ колѣнѣ можетъ уравновѣсить только большій столбъ жидкости, содержащей пузырьки пара, въ другомъ колѣнѣ, такъ какъ послѣдній столбъ будетъ меньшей плотности; при равенствѣ же этихъ столбовъ непременно начнется теченіе жидкости въ сторону колѣна трубки, содержащаго паръ. Такое объясненіе неправильно, такъ какъ противорѣчитъ законамъ физики. По законамъ физики данная жидкость въ двухъ сообщающихся сосудахъ будетъ стоять на одинаковой высотѣ, будетъ-ли въ одномъ изъ сосудовъ находиться среди жидкости какое либо постороннее вещество (пузырьки пара, воздуха и проч.) или не будетъ. Весьма простые опыты подтверждаютъ это: опустимъ въ одинъ изъ сосудовъ (фиг. 10) нить, унизанную какими нибудь шариками, — жидкость въ обоихъ сосудахъ будетъ стоять на одинаковой высотѣ; если въ одинъ изъ сосудовъ опустимъ пучекъ нитокъ,

то и въ этомъ случаѣ горизонтъ жидкости въ обоихъ сосудахъ будетъ одинаковъ. Если, наконецъ, въ одинъ изъ сосудовъ впустимъ рядъ пузырьковъ воздуха, то, при условіи, что пузырьки эти не на столько велики, чтобы занять все сѣченіе трубки, найдемъ, что горизонтъ жидкости въ этомъ сосудѣ слегка поднимется, но по другой причинѣ, о чемъ будетъ рѣчь впереди.



Фиг. 10.

Изъ предыдущаго слѣдуетъ, что объясненіе циркуляціи при парообразованіи разностью плотностей воды въ томъ и другомъ колѣнѣ трубки не согласуется съ законами физики; причина циркуляціи въ этомъ случаѣ должна быть другая, которую мы и разсмотримъ.

Пусть, среди массы воды, въ одномъ колѣнѣ трубки образовался шарикъ пара діаметра D ; благодаря своей легкости сравнительно съ окружающею водою этотъ пузырекъ будетъ подниматься вверхъ. Обозначая плотность воды при данной температурѣ черезъ Δ , а плотность пара той же температуры черезъ δ , найдемъ, что вѣсъ шарика пара будетъ

$$\frac{4}{3} \pi \frac{D^3}{8} \delta,$$

а вѣсъ выдавливаемой имъ воды будетъ

$$\frac{4}{3} \pi \frac{D^3}{8} \Delta.$$

Пользуясь закономъ Архимеда для плавающихъ и погруженныхъ тѣлъ, найдемъ, что окружающая вода стремится выбросить пузырекъ пара изъ своей среды съ силою

$$\frac{1}{6} \pi D^3 (\Delta - \delta).$$

Пузырекъ пара, находясь подъ дѣйствіемъ такой силы, въ первый моментъ послѣ своего образованія приметъ нѣкоторое

ускореніе w , во столько разъ большее ускоренія силы тяжести g , во сколько $\Delta - \delta$ больше δ , т. е.

$$w = g \frac{\Delta - \delta}{\delta}$$

Такъ, при давленіи пара въ 12 к., которому соотвѣтствуетъ температура 187° , $\Delta = 0,887$; $\delta = 0,006$, получимъ

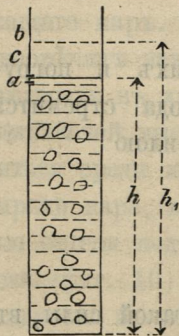
$$w = 1440 \text{ метр.}$$

Изъ этого примѣра видимъ, что въ первый моментъ по своемъ образованіи пузырекъ пара стремится подниматься съ огромнымъ ускореніемъ. Но при своемъ поднятіи онъ будетъ встрѣчать со стороны воды сопротивленіе, все увеличивающееся по мѣрѣ увеличенія скорости его подъема, и когда сопротивленіе воды сравняется съ подъемною силою этого пузырька, то движеніе его станетъ равномернымъ, причемъ скорость подъема будетъ, вообще, не велика, какъ показываетъ нижеприводимый примѣръ.

При равномерномъ подъемѣ пузырекъ пара, какъ мы видѣли, будетъ встрѣчать со стороны воды сопротивленіе равное его подъемной силѣ

$$\frac{1}{6} \pi D^3 (\Delta - \delta)$$

и по закону противодѣйствія пузырекъ будетъ давить на воду съ такою же силою, но направленною вверхъ. Вода будетъ



Фиг. 11.

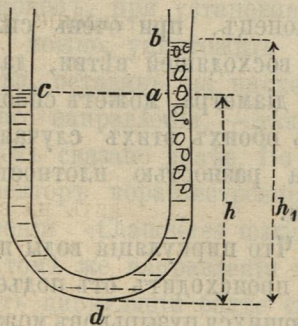
испытывать подобныя реакціи со стороны всѣхъ пузырьковъ пара, изъ нея выдѣляющихся, и результатомъ такихъ реакцій будетъ уменьшеніе гидростатическаго давленія воды или какъ-бы уменьшеніе ея удѣльнаго вѣса; уменьшеніе гидростатическаго давленія должно быть равно суммѣ этихъ реакцій. Дѣйствительно, пусть на чашкѣ вѣсовъ находится сосудъ, наполненный водою плотности Δ , до высоты h (фиг. 11). Когда въ сосудѣ образуются пузырьки пара,

то вѣсъ воды не измѣнится отъ этого, а между тѣмъ уровень ея поднимается до нѣкоторой высоты h_1 . Обозначая плотность смѣси изъ воды и пара черезъ Δ_1 , найдемъ

$$\Delta h = \Delta_1 h_1.$$

Гидростатическое давленіе на дно сосуда со стороны большаго столба жидкости будетъ тоже, что и прежде, а значитъ гидростатическое давленіе столба жидкости высотой h будетъ, менѣе прежняго; если бы въ точкѣ a , на высотѣ h , сдѣлали въ стѣнкѣ сосуда отверстіе для выхода воды, то гидростатическое давленіе на дно сосуда уменьшилось бы въ отношеніи $\frac{h}{h_1} = \frac{\Delta_1}{\Delta}$, и вода стала бы вытекать изъ сосуда подъ давленіемъ столбика ba . Если-бы отверстіе было сдѣлано въ промежуточной точкѣ c , между a и b , то истечение происходило бы при разности напоровъ въ b и c , т. е. подъ давленіемъ столбика bc .

На основаніи предыдущихъ соображеній объяснимъ происхожденіе циркуляціи въ U — образной трубкѣ при образованіи пара въ ней. Пусть имѣемъ от-



Фиг. 12.

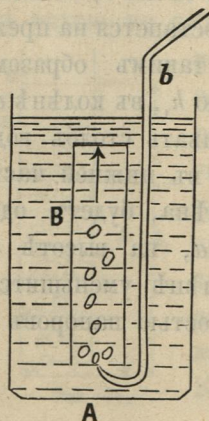
крытую U — образную трубку, (фиг. 12) безъ верхняго резервуара, наполненную водою до высоты h . Когда въ колѣнѣ db начнутъ выдѣляться шарики пара, то вода въ немъ поднимется до нѣкоторой точки b , на высотѣ h_1 , а въ другомъ останется на прежней высотѣ h ; такимъ образомъ столбъ воды высотой h_1 , въ колѣнѣ da будетъ уравнивать столбъ воды высотой h въ колѣнѣ dc , а потому давленіе въ нижней части трубки, со стороны того и другого колѣна, будетъ одинаковымъ $\Delta_1 h_1 = \Delta h$; если же въ точкѣ a , на высотѣ h , сдѣлать отверстіе, то давленіе въ этомъ колѣнѣ уменьшится, и вода будетъ вытекать изъ него подъ разностью напоровъ

$$h_1 - h = h \left(\frac{\Delta_1}{\Delta} - 1 \right).$$

Сообщимъ теперь другъ съ другомъ оба колѣна трубки помощью резервуара съ водою (фиг. 13); въ этомъ случаѣ давленіе столба воды въ колѣнѣ dc будетъ болѣе давленія въ колѣнѣ da , отчего начнется циркуляція воды по направленію, указанному стрѣлками, причемъ паръ будетъ выноситься въ резервуаръ и выдѣляться въ немъ; циркуляція воды будетъ происходить подъ напоромъ $h_1 - h$, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, опредѣляемымъ изъ равенства

$$h_1 - h = h \left(\frac{\Delta}{\Delta} - 1 \right).$$

III. Выше было замѣчено, что наиболѣ сильная циркуляція получается при кипяченіи воды въ узкихъ трубкахъ; въ этомъ случаѣ при интенсивномъ нагрѣваніи образуются пузырьки пара, занимающіе все поперечное сѣченіе трубки, причемъ въ восходящей вѣтви жидкость будетъ состоять изъ отдѣленныхъ другъ отъ друга столбиковъ воды и пара. Плотность столба такой жидкости можетъ быть значительно менѣе плотности сплошной жидкости. Наконецъ, при очень сильномъ парообразованіи верхняя часть восходящей вѣтви, даже въ случаѣ трубки довольно большого діаметра, можетъ сплошь состоять изъ пузырьковъ пара. Въ обоихъ этихъ случаяхъ циркуляція можетъ быть объясняема разностью плотностей жидкости въ обоихъ колѣнахъ трубки.



Фиг. 14.

Примѣчаніе. Что циркуляція воды при парообразованіи происходитъ отъ подъемной силы выдѣляющихся пузырьковъ можно подтвердить на опытѣ вдуванія воздуха. Погрузимъ въ сосудъ А съ водою (фиг. 14) стеклянную трубку В и будемъ вдувать внутрь послѣдней воздухъ мелкими пузырьками помощью узкой трубки b съ оттянутымъ носкомъ a ; пузырьки воздуха, при своемъ подъемѣ, слегка поднимутъ уровень воды въ трубкѣ В, если же верхній конецъ трубки В будетъ ниже уровня

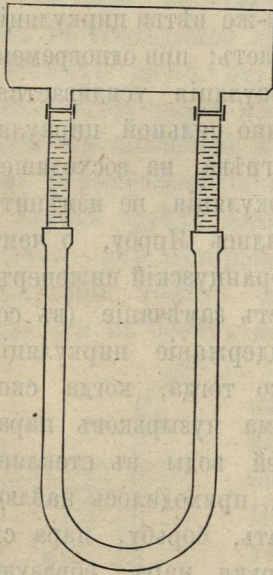
воды въ сосудѣ А, то произойдетъ легкая циркуляція воды по направленію стрѣлокъ. Если вдунаніе воздуха будетъ производиться столь большими пузырями, что они займутъ все поперечное сѣченіе трубки В, то подъемъ воды въ ней будетъ болѣе значительнымъ.

Устойчивость циркуляціи при парообразованіи. Циркуляція воды, вызываемая выдѣленіемъ пузырьковъ пара, отличается болшею устойчивостію, чѣмъ циркуляція только отъ разности плотностей воды при нагреваніи; въ самомъ дѣлѣ, въ первомъ случаѣ при замедленіи циркуляціи уменьшаются гидравлическія сопротивленія и въ то же время увеличится образованіе пузырьковъ—объ эти причины быстро приведутъ скорость циркуляціи къ нормальной.

Относительно силы и устойчивости циркуляціи во время парообразованія, при различныхъ положеніяхъ источниковъ тепла, надо сдѣлать тѣ же замѣчанія, что и относительно циркуляціи только отъ разности температуръ воды, именно: съ пониженіемъ источника тепла на той-же вѣтви циркуляція усиливается, а съ повышеніемъ ослабѣваетъ; при одновременномъ подогреваніи другого колѣна циркуляція усиливается. Наконецъ, при установившейся достаточно сильной циркуляціи, можно уничтожить источникъ нагрева на восходящей вѣтви, оставивъ на нисходящей, и циркуляція не измѣнитъ своего направленія, — такіе опыты удавались Ярроу, о чемъ будетъ сказано далѣе. По этому поводу французскій инженеръ, директоръ кораблестроенія, Bertin дѣлаетъ замѣчаніе (въ сочиненіи «Chaudières marines»), что поддержаніе циркуляціи въ томъ же направленіи возможно только тогда, когда скорость циркуляціи болѣе скорости подъема пузырьковъ пара.

Въ моихъ опытахъ надъ циркуляціей воды въ стеклянныхъ трубкахъ, въ 11 м.м. діаметромъ, приходилось наблюдать любопытное явленіе, — такъ сказать, борьбу, пара съ потокомъ воды отъ циркуляціи пузырьки пара, образующіеся въ нисходящей вѣтви, при непосредственномъ нагреваніи послѣдней, стремятся подняться вверхъ, но потокъ воды увлекаетъ ихъ внизъ; при этомъ пузырьки пара долго остаются на мѣстѣ, какъ-бы колеблясь, куда имъ двинутся, со-

бираются въ кучи, и наконецъ, эти кучи потокомъ воды увлекаются внизъ; очевидно, въ данномъ случаѣ скорость циркуляціи больше скорости подъема пузырьковъ пара вверхъ. Но мнѣ не удавалось поддержать на продолжительное время циркуляцію въ прежнемъ направленіи при тушеніи лампочекъ на восходящей вѣтви. Я полагаю, что такой опытъ долженъ лучше удаваться при длинныхъ трубкахъ, и вотъ на какомъ основаніи: при самомъ образованіи пузырьковъ пара, благодаря ихъ расширенію, производится работа внѣшнихъ давлений; если при этомъ давленіе пузырьковъ пара значительно превосходитъ давленіе столба воды въ нисходящей вѣтви, сложенный съ давленіемъ пара въ резервуарѣ, то столбъ воды будетъ выталкиваться изъ нисходящаго колѣна вверхъ, и циркуляція измѣнитъ направленіе; очевидно, такое явленіе скорѣе можетъ случиться при короткихъ трубкахъ, чѣмъ при длинныхъ.



Фиг. 15.

Чтобы имѣть возможность подвергать трубки болѣе интенсивному жару и получить такимъ образомъ возможно сильную циркуляцію, я приготовилъ трубку изъ красной мѣди со стеклянными наконечниками для наблюденія (фиг. 15); стеклянные трубки были соединены съ мѣдною на мастигъ (свинцовый глетъ разведенный въ глицеринѣ) и верхніе концы ихъ соединялись съ жестянымъ резервуаромъ помощью каучуковыхъ трубокъ. Внутренній діаметръ мѣдной трубки и стеклянныхъ наконечниковъ $\frac{3}{4}$ "; длина колѣна трубки съ наконечникомъ 2'. Нагрѣваніе производилось газовыми горѣлками Бунзена въ количествѣ отъ 2 до 10. Въ одинъ изъ опытовъ съ такою трубкою была установлена циркуляція помощію 2-хъ горѣлокъ Бунзена, затѣмъ на нисходящую вѣтвь было на-

правлено 4 горѣлки, и циркуляція продолжалась въ томъ-же направленіи около 8 или 10 мин., по истеченіи которыхъ направленіе потока переѣнилось; въ послѣдующихъ опытахъ, при болѣе сильномъ парообразованіи, циркуляцію въ прежнемъ направленіи удавалось поддержать только на 2—3 м. Переѣнна направленія циркуляціи сопровождается выбрасываніемъ воды изъ резервуара.

При 6-ти горѣлкахъ циркуляція была очень сильная, а парообразование спазматическаго характера: при непрерывномъ выдѣленіи пара изъ восходящей вѣтви весь стеклянный накопчикъ ея по временамъ, съ промежутками въ 2—3 сек., сплошь заполняется паромъ, который съ силой выбрасывается изъ трубки, увлекая за собою воду изъ резервуара: когда на нижнюю часть трубки была направлена еще одна горѣлка съ 4-мя рожками, то промежутокъ между спазматическими выдѣленіями пара уменьшился до $\frac{1}{2}$ или 1 сек., но тѣмъ не менѣе парообразование сохранило прежній характеръ.

Скорость подъема пузырьковъ пара. Покажемъ теоретическія основанія для вычисленія скорости подъема пузырьковъ пара. Сила, поднимающая пузырекъ пара діаметра D , какъ было выше указано, выражается формулою.

$$\frac{1}{6} \pi D^3 (\Delta - \delta).$$

Сопротивленіе воды, при подъемѣ такого пузырька со скоростью v , выразится слѣдующею формулою.

$$K S v^2.$$

Гдѣ K —коэффициентъ пропорціональности; при метрической системѣ мѣръ (метръ, килограммъ, секунда) $K=50$;

S —площадь поперечнаго сѣченія движущагося въ жидкости тѣла, въ нашемъ случаѣ $S = \frac{\pi D^2}{4}$. А потому для даннаго случая формула приметъ видъ.

$$50 \cdot \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot v^2.$$

При установившемся движеніи пузырька пара подъемная его сила будетъ равна сопротивленію воды, а потому получимъ

$$50 \cdot \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot v^2 = \frac{1}{6} \pi D^3 (\Delta - \delta)$$

или

$$50 v^2 = \frac{2}{3} D (\Delta - \delta),$$

откуда

$$v^2 = 11,75 D.$$

Получаемая по этой формулѣ скорость подъема пузырьковъ пара, даже при большемъ діаметрѣ послѣднихъ, вообще, не велика и очень незначительна со скоростью циркуляціи въ водотрубныхъ котлахъ, какъ показываютъ наблюденія.

Такъ, при давленіи пара въ 12 кил. $\Delta = 0,887$; $\delta = 0,006$ см.

при $D = 2$ см. $v = 0,48$ м. въ сек.

» $D = 2$ мм. $v = 0,16$ » » »

Сравнительная оцѣнка вліянія разности температуръ и образованія пузырьковъ пара на силу циркуляціи. Для такой оцѣнки возьмемъ примѣръ изъ сочиненія *Bertin «Chaudières marines»*. — Водотрубные котлы миноносцевъ, при полномъ своемъ дѣйствіи, даютъ до 50 кил. пара въ часъ на 1 кв. м. поверхности нагрѣва; принимая внутренній діаметръ водогрѣйной трубки въ 3 см., найдемъ, что 1 метръ длины такой трубки даетъ въ часъ 4,71 кил. или 0,785 куб. м. пара при давленіи въ 12 кил. Если трубка имѣетъ 2 м. длины, то черезъ ея верхнее отверстіе выдѣляется въ часъ 1,57 куб. м. пара.

Предположимъ, что скорость циркуляціи = 2 м. въ сек.; при такой скорости объемъ смѣси изъ воды и пара, выбрасываемый изъ трубки въ секунду (черезъ площадь въ 7 см. кв.) 1400 куб. сант. или 0,0014 куб. м. въ сек. или 5,04 куб. м. въ часъ. По предыдущему же въ часъ выбрасывается

одного пара 1,57 куб. м.; слѣдовательно, относительное содержаніе пара и воды въ смѣси выразится приблизительно числами 1 и 2. При такихъ данныхъ, на основаніи предыдущихъ разсужденій о причинахъ циркуляціи, уменьшеніе гидростатическаго давленія въ восходящей вѣтви (восходящую вѣтвью служитъ водогрѣйная трубка, а нисходящую—возвратная) достигаетъ $\frac{1}{3}$ вѣса столба сплошной жидкости въ нисходящей вѣтви т. е. величины 1000. $\frac{1}{3} h = 333,3 h$ килогр.

Сравнивая это число съ полученнымъ ранѣе 6,7 h кил. при изслѣдованіи циркуляціи отъ разности температуръ жидкости въ той и другой вѣтви, найдемъ, что первое почти въ 50 разъ болѣе второго.

Этотъ примѣръ даетъ возможность судить о томъ, на сколько циркуляція отъ выдѣленія пузырьковъ пара сильнѣе циркуляціи отъ разности температуръ жидкости.

Результаты наблюденій надъ циркуляціей воды въ U-образныхъ трубкахъ вполне приложимы, какъ было говорено въ началѣ статьи, къ водотрубнымъ котламъ, тѣмъ болѣе, что для опытовъ можно употреблять трубки съ діаметромъ такимъ же, какъ и въ дѣйствительныхъ котлахъ.

При дѣйствіи водотрубнаго котла въ водогрѣйныхъ трубкахъ его должны образовываться восходящіе токи, а въ возвратной трубѣ—нисходящій. Но такъ какъ не всѣ трубки нагрѣваются одинаково, а внутреннія (со стороны топки) сильнѣе, чѣмъ наружныя, то, безъ сомнѣнія, нѣкоторыя изъ водогрѣйныхъ трубокъ, къ особенности наружныя, будутъ имѣть нисходящіе токи, т. е. будутъ служить возвратными трубками; наконецъ, въ той же водогрѣйной трубкѣ могутъ быть по временамъ то восходящіе токи, то нисходящіе. Въ котлахъ Ярроу, какъ извѣстно, совсѣмъ нѣтъ специальныхъ возвратныхъ трубъ, какъ въ прочихъ водотрубныхъ котлахъ.

При полной дѣятельности котла, благодаря сильному жару, развивающемуся въ топкѣ, циркуляція воды должна быть очень энергичною; сильною циркуляціею воды въ водотрубныхъ котлахъ и объясняется столь большая ихъ паропроизводительность сравнительно съ другими судовыми котлами.

Опыты Ярроу надъ циркуляціей воды въ водотрубныхъ котлахъ.

Въ англійскомъ журналѣ Engineering (1896, Jan. 10) въ статьѣ «The circulation in water-tube boilers» описаны опыты Ярроу надъ циркуляціей воды въ водотрубныхъ котлахъ, произведенные имъ, въ присутствіи многихъ постороннихъ лицъ, въ мастерскихъ собственнаго завода. — Приведемъ краткое описаніе этихъ опытовъ.

А. Первая серія опытовъ была произведена надъ циркуляціей воды въ U-образныхъ стеклянныхъ трубкахъ (двѣ стеклянныхъ трубки соединялись внизу мѣдною трубкою, чтобы образовать латинскую букву U); для наблюденія надъ силою циркуляціи въ нисходящую вѣтвь трубки была опущена подвѣска, дѣйствовавшая при посредствѣ проволоки, выведенной внаружу, на конецъ двухплечнаго рычага съ указателемъ. Нагрѣваніе производилось газовыми горѣлками Бунзена; сначала нагрѣвали одну восходящую вѣтвь, а потомъ одновременно и нисходящую (по 3 горѣлки у той и другой вѣтви), причемъ въ послѣднемъ случаѣ циркуляція усиливалась. Этими опытами было выяснено, что въ извѣстныхъ предѣлахъ скорость циркуляціи обусловливается лишь полнымъ количествомъ теплоты, сообщаемой трубкѣ, какъ-бы эта теплота ни распредѣлялась между восходящею и нисходящею вѣтвями.

Для опредѣленія скорости циркуляціи подвѣска (поплавокъ) въ нисходящей вѣтви была замѣнена винтомъ, на подобіе гребного, дѣйствовавшимъ на счетчикъ. При данномъ шагѣ винта по числу его оборотовъ можно судить о скорости циркуляціи, принимая во вниманіе скольженіе винта.

Вотъ результаты такихъ наблюденій:

при 2-хъ горѣлкахъ у восходящей вѣтви скорость 28 ф. въ м.

» 3-хъ » » » 36 » »

при 3 горѣлкахъ у восх. и одной у нисход. вѣтви 42 » »

» 3 » » 2-хъ » 49 » »

» 3 » » 3-хъ » 56 » »

В. Вторая серия опытовъ была произведена надъ U-образными трубками, поставленными не вертикально, какъ въ предыдущемъ случаѣ, а наклонно. Нагрѣваніе производилось 3-мя горѣлками у восходящей вѣтви и 3-мя менѣе сильными у нисходящей. Результатъ опытовъ таковъ же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, съ тою особенностью, что не было образованія пузырьковъ пара въ нисходящей вѣтви.

С. Третья серия опытовъ производилась для наблюденія циркуляціи воды отъ вдуванія воздуха въ трубку. Стеклянная U-образная трубка очень большой длины, была снабжена въ нижней части той и другой вѣтви кранами для впусканія воздуха изъ особаго резервуара (помпы со сжатымъ воздухомъ), и вотъ каковы были результаты такого опыта:

а) Введеніе воздуха въ одну вѣтвь трубки вызываетъ сейчасъ же циркуляцію воды.

б) Одновременное введеніе воздуха въ другую трубку усиливаетъ циркуляцію въ прежнемъ направленіи.

с) При вдуваніи воздуха въ одну нисходящую вѣтвь циркуляція ослабѣваетъ, но продолжается въ прежнемъ направленіи.

Примѣчаніе. О продолжительности явленія въ послѣднемъ случаѣ (с) ничего не сказано въ цитируемой статьѣ.

Д. Всѣ предыдущіе опыты производились при атмосферномъ давленіи; нижеописываемый—при давленіи въ 10 атмосферъ. Мѣдная U-образная трубка со стеклянными наконечниками сообщалась съ закрытымъ паровикомъ. Сначала нагрѣвалась лишь одна вѣтвь помощію 3-хъ небольшихъ горѣлокъ Бунзена, пока не получилась установившаяся циркуляція; затѣмъ постепенно, одну за другой, зажгли 5 большихъ горѣлокъ Бунзена у нисходящей вѣтви — циркуляція усилилась, продолжаясь въ прежнемъ направленіи; давленіе пара достигло 150 ф. по манометру. Постепенно потушили горѣлки у восходящей вѣтви, — циркуляція не измѣнила направленія, хотя нагрѣванію подвергалась только нисходящая вѣтвь трубки.

Е₁. Три мѣдныя трубки со стеклянными наконечниками были поставлены въ рядъ одна за другой и сообщены своими нижними концами другъ съ другомъ помощью особаго резервуара, верхніе концы присоединялись къ открытому резервуару съ водой. Нагрѣваніе производилось горѣлками Бунзена съ одной стороны наружной трубки, причемъ горячіе газы обхватывали и двѣ остальные, направляясь къ вытяжной трубѣ. Въ началѣ нагрѣванія въ передней трубкѣ получался восходящій токъ, а двухъ заднихъ — нисходящій; съ усиленіемъ нагрѣванія нисходящій токъ оставался въ одной задней трубкѣ.

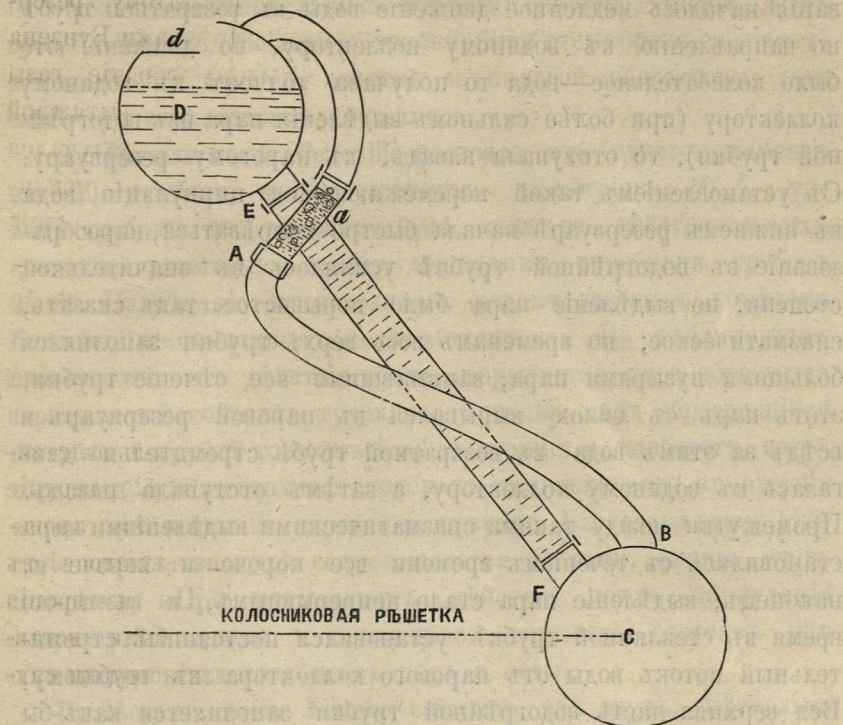
Е₂. Опытъ подобный предыдущему, но три трубки расположены такъ, что образуютъ треугольникъ; горѣлки располагались впереди двухъ трубокъ, причемъ въ задней трубкѣ получался нисходящій токъ, а въ переднихъ — восходящій.

Е₁. Опытъ съ цѣлой группой трубокъ, взятой изъ дѣйствительнаго котла (діаметръ трубокъ $1\frac{1}{8}$ " длина 5' 6"); верхніе концы трубокъ сообщались съ паровикомъ; нагрѣваніе производилось пламенемъ отъ горящаго угля, сжигававшегося въ особой печи; тяга форсировалась паромъ. Для измѣренія скорости циркуляціи въ задней и 3-й трубкахъ были вставлены винты. При опытѣ оказалось, что двѣ заднія трубки служатъ нисходящими.

Е₂. Опытъ подобный предыдущему, съ нѣсколькими инымъ расположеніемъ топки; трубки имѣли стеклянные наконечники для наблюденія. Въ началѣ опыта дѣйствіе котла было перемежающееся со спазматическимъ парообразованіемъ, а затѣмъ началась правильная дѣятельность котла; при этомъ 3 заднія трубки служили возвратными.

Циркуляція воды въ котлѣ Торникрофта. Для наблюденія надъ циркуляціей воды въ котлѣ Торникрофта мною была приготовлена модель, изображенная на фиг. 16-ой. Изогнутая (по шаблону внутреннихъ водогрѣйныхъ трубокъ котла Торникрофта) мѣдная трубка АВ сообщается своимъ нижнимъ концомъ съ закрытымъ резервуаромъ С, изображающимъ водяной коллекторъ котла, а верхнимъ — съ открытымъ резервуаромъ D, изображающимъ паровой коллекторъ, выше горизонта воды

въ немъ. Верхняя часть мѣдной трубы снабжена стекляннымъ наконечникомъ для наблюденія надъ циркуляціей. Возвратной



Фиг. 16.

трубой служитъ стеклянная трубка EF, соединенная съ тѣмъ и другимъ резервуаромъ помощью каучуковыхъ трубокъ. Паровой резервуаръ имѣетъ внутри предохранительную заслонку d для предупрежденія выбрасыванія воды изъ него.

Внутренній діаметръ трубокъ, мѣдной и стеклянной, $\frac{3}{4}$ ".

При опытѣ мѣдная трубка нагрѣвалась 6-ю газовыми горѣлками Бунзена, поставленными вдоль трубки, въ рядъ одна за другой. Въ началѣ нагрѣванія никакого движенія воды въ стеклянной (возвратной) трубкѣ не было, и нижній резервуаръ оставался холоднымъ; при дальнѣйшемъ нагрѣваніи въ мѣдной трубкѣ начали образовываться маленькіе пузырьки пара, поднимавшіеся по внутренней (нагрѣваемой)

сторонѣ трубки, и въ то-же время на внѣшней сторонѣ получались перемежающіеся конвекціонные токи, направленные внизъ, къ водяному коллектору. Съ увеличеніемъ парообразованія началось медленное движеніе воды въ возвратной трубѣ по направленію къ водяному коллектору, но движеніе это было колебательное—вода то получала толчокъ къ водяному коллектору (при болѣе сильномъ выдѣленіи пара изъ водогрѣйной трубки), то отступала назадъ, къ паровому резервуару. Съ установленіемъ такой перемежающейся циркуляціи вода въ нижнемъ резервуарѣ начала быстро нагрѣваться, парообразование въ водогрѣйной трубѣ усилилось въ значительной степени, но выдѣленіе пара было порывистое, такъ сказать, спазматическое; по временамъ весь верхъ трубки заполнялся большими пузырями пара, занимавшими все сѣченіе трубки, этотъ паръ съ силою вырывался въ паровой резервуаръ и всѣмъ за этимъ вода въ возвратной трубѣ стремительно двигалась къ водяному коллектору, а затѣмъ отступала назадъ. Промежутки между такими спазматическими выдѣленіями пара становились съ теченіемъ времени все короче и короче и, наконецъ, выдѣленіе пара стало непрерывнымъ, и въ то-же время въ стеклянной трубѣ установился постоянный стремительный потокъ воды отъ парового коллектора къ водяному. Вся верхняя часть водогрѣйной трубки заполняется какъ-бы молочною массою изъ пузырьковъ пара, перемѣшанныхъ съ водою, но посреди этой массы по временамъ проскакиваютъ и большіе пузыри пара, занимающіе все сѣченіе трубки. Циркуляція воды получается очень сильная, но выбрасыванія воды изъ парового коллектора не происходитъ.

Bellens, описывая дѣйствіе котла Торникрофта, говоритъ, что въ немъ какъ циркуляція воды, такъ и выдѣленіе пара все время остается спазматическимъ; вѣроятно, въ его опытахъ нагрѣваніе не было достаточно сильнымъ; въ моихъ опытахъ, при 4-хъ горѣлкахъ Бунзена также не удавалось достигнуть правильной непрерывной работы котла, не смотря на достаточную продолжительность нагрѣванія, и послѣдняя получилась только при 6-ти горѣлкахъ.

Опыты Ваткинсона надъ циркуляціей воды въ водотрубныхъ котлахъ (*). Англійскій профессоръ Watkinson производилъ наблюденія надъ циркуляціей воды въ водотрубныхъ котлахъ при помощи моделей такихъ котловъ (Belleville, Yarrow, Thornycroft, Babcock, Niclausse); трубы были стеклянныя съ діаметромъ отъ $\frac{3}{8}$ " до $1\frac{1}{2}$ ", водяной и паровой коллекторы были снабжены стеклянными днищами.

А. Модель котла Belleville состояла изъ одного элемента въ 20 трубокъ съ внутреннимъ діаметромъ $\frac{15}{16}$ ", уклонъ трубокъ къ горизонту 0,04, какъ въ дѣйствительныхъ котлахъ, разстояніе между концевыми коробками трубокъ 2' 3". Нагрѣваніе производилось рядомъ газовыхъ горѣлокъ Бунзена, поставленныхъ подъ элементомъ. По наблюденіямъ оказывается, что дѣйствіе котла—порывистое; паръ образуется заразъ въ нѣсколькихъ трубкахъ, причемъ паръ образующійся въ нижней трубкѣ толкаетъ воду въ верхнія и, наоборотъ, паръ, образующійся въ верхнихъ трубкахъ, толкаетъ воду въ нижнія и въ тоже время въ паровой резервуаръ. Благодаря этому дѣйствіе котла вначалѣ сопровождается ударами, иногда очень сильными. При нормальномъ дѣйствіи котла циркуляція получается сильная, и движущаяся жидкость состоитъ изъ перемежающихся столбиковъ пара и воды.

В. Модель котла Yarrow состояла изъ двухъ, нѣсколько отличныхъ одна отъ другой, половинъ, каждая въ 16 трубокъ съ внутреннимъ діаметромъ въ $\frac{7}{16}$ " расположенныхъ въ 4 ряда, по 4 трубы въ рядѣ. Въ одной половинѣ котла трубы выведены въ паровое пространство верхняго резервуара, въ другой въ водяное; обѣ половины снабжены возвратными трубами въ $\frac{15}{16}$ ", причемъ возвратную трубу части котла съ подводными трубами можно было закрывать пробкою. Каждая половина котла испытывалась отдѣльно.

При испытаніи половины котла съ подводными трубами, циркуляція получалась сейчасъ-же, съ самаго начала нагрѣванія, но парообразование при этомъ было порывистымъ. При

*) «Circulation in water-tube boilers». By prof. Watkinson. Transactions of naval architects 1896.

сильной дѣятельности котла выдѣленіе пара становится болѣе правильнымъ, причемъ трубки менѣе нагрѣваемые становятся возвратными, въ нѣкоторыхъ же промежуточныхъ трубкахъ получаютъ токи воды переменнаго направленія. При открытой внѣшней возвратной трубѣ циркуляція получается менѣе сильною, такъ какъ въ этомъ случаѣ большая часть трубокъ, чѣмъ прежде, служитъ для восходящихъ токовъ.

При началѣ нагрѣванія другой половины котла (съ надводными трубками) циркуляціи не было до тѣхъ поръ, пока не началось парообразование въ водогрѣйныхъ трубкахъ, затѣмъ получалась перемежающаяся циркуляція; съ теченіемъ времени парообразование становится болѣе правильнымъ, если площадь возвратной трубы достаточно велика.

С. Модель котла Thornycroft изъ 12 трубокъ въ $\frac{7}{16}$ " , при диаметрѣ возвратной трубы $1\frac{1}{2}$ ". Работа котла такого характера, какъ было описано ранѣе.

Котлы англійскаго судна «Daring» снабжены внутренними возвратными трубками, а потому при самомъ началѣ разведки паровъ въ такихъ котлахъ получается циркуляція воды между паровымъ и водянымъ коллекторами по возвратной трубѣ.

Д. Модель котла Babcock изъ 3-хъ рядовъ трубокъ съ диаметромъ $1\frac{7}{16}$ ". Циркуляція воды въ этомъ котлѣ обуславливается слѣдующими причинами:

а) подъемною силою выдѣляющихся пузырьковъ пара, движущихся по наклоннымъ трубкамъ; б) разностью плотностей воды вслѣдствіе разности ея температуръ и с) большею плотностью воды въ задней камерѣ сравнительно съ плотностью жидкости въ верхнихъ концахъ трубокъ и въ передней камерѣ, гдѣ масса состоитъ какъ-бы изъ пѣны пузырьковъ пара и воды. Когда, при началѣ дѣйствія, уровень воды въ котлѣ ниже дна пароваго резервуара, то, при полномъ дѣйствіи котла паръ выноситъ въ паровой резервуаръ большое количество воды, которая съ быстротою движется по дну резервуара къ задней камерѣ. Циркуляція въ верхнихъ рядахъ трубокъ лучше, когда уровень воды находится въ паровомъ коллекторѣ.

Таково-же дѣйствіе и другихъ котловъ, подобныхъ котлу Babcock, каковы котлы Oriolle, Allest, Niclausse и другіе.

Во всѣхъ этихъ котлахъ циркуляція воды не можетъ быть сильною, такъ какъ нѣтъ благопріятныхъ условій для свободнаго ея развитія. Въ самомъ дѣлѣ, въ котлахъ подобнаго типа паръ изъ всѣхъ трубокъ устремляется въ одну и ту же переднюю камеру, иногда очень небольшихъ размѣровъ, причѣмъ потоки изъ воды и пара нижнихъ трубокъ, поднимаясь по этой камерѣ въ паровой резервуаръ, сталкиваются на своемъ пути подъ прямымъ угломъ съ потоками изъ верхнихъ трубокъ; благодаря такимъ постояннымъ столкновеніямъ выходъ пара въ верхній резервуаръ затрудняется, циркуляція становится медленнѣе, паръ скопляется въ самыхъ трубкахъ и иногда даже выбрасывается въ заднюю (возвратную) камеру. При такихъ условіяхъ работа котла дѣлается неправильною, со спазматическимъ выдѣленіемъ пара.

Безъ сомнѣнія, работа такихъ котловъ улучшилась-бы въ значительной степени, если бы передняя камера постепенно расширялась, по направленію къ паровому резервуару и если бы въ ней были устроены направляющіе щиты, отдѣляющіе другъ отъ друга потоки пара и воды изъ различныхъ трубокъ. Но послѣднее устройство затруднило-бы чистку трубокъ котла.

А. Погодинъ.



Непотопляемость эскадреннаго броненосца „Сисой Великій“.

Извлеченіе изъ труда Инж.-Мех. Дерягина, читанное въ Собраніи Об-ва Морск.
Инженеровъ 11 Декабря 1896 г.

Эскадренный броненосецъ «Сисой Великій» имѣетъ двойной бортъ и двойное дно, простирающіеся по длинѣ судна отъ 14

Таблицы къ статьѣ: Непотопляемость эскадреннаго броненосца «Сисой Великій» будутъ высланы нѣсколько позже.

Редакторъ.

шпангоутами, начиная съ 20 до 68, приблизительно, черезъ 4 шпанціи и такимъ образомъ въ междудонномъ пространствѣ образуется 17 водонепроницаемыхъ отдѣленій, а въ междубортномъ всего по 14, такъ какъ нѣкоторые шпангоуты имѣютъ вырѣзки. Каждое водонепроницаемое отдѣленіе бортового корридора и бортового отдѣленія снабжено горловиною, а каждое водонепроницаемое отдѣленіе междудоннаго пространства снабжено двумя горловинами, чтобы можно было входить по обѣ стороны киля.

Такимъ образомъ въ междубортномъ и междудонномъ пространствахъ имѣются 73 водонепроницаемыхъ отдѣленій. Всѣ

Непотопляемость эскадренного броненосца „Сисой Великій“.

Извлечение из труда Инж.-Мех. Дерягина, читанное в Собрании Об-ва Морск.
Инженеровъ 11 Декабря 1896 г.

Эскадренный броненосецъ «Сисой Великій» имѣетъ двойной бортъ и двойное дно, простирающіеся по длинѣ судна отъ 14 до 79 шпангоута и по высотѣ—до жилой палубы. Высота междудоннаго пространства—отъ 4' до 2 $\frac{1}{2}$ ', а ширина между-бортнаго пространства около 5 $\frac{1}{2}$ '. Междудонное и междубортное пространства по длинѣ судна раздѣляются водонепроницаемыми стрингерами на 5 частей: отъ жилой палубы до водонепроницаемаго стрингера № 6, на каждой сторонѣ, два отдѣленія, называемыя *бортовыми корридорами*, отъ стрингера № 6 до водонепроницаемаго стрингера № 4, на каждой сторонѣ, еще два отдѣленія, называемыя *бортовыми отдѣленіями* и отъ стрингера № 4 одной стороны до стрингера № 4 другой стороны, по обѣ стороны киля, еще одно отдѣленіе, называемое *междудоннымъ отдѣленіемъ*, которое, хотя и перегораживается килемъ, но въ этомъ послѣднемъ сдѣланы для протока воды изъ одной части въ другую, отверстія въ 4" діаметромъ.

Поперекъ судна междудонное и междубортное пространства перегороджены восемнадцатью сплошными водонепроницаемыми шпангоутами, начиная съ 20 до 68, приблизительно, черезъ 4 шпации и такимъ образомъ въ междудонномъ пространствѣ образуется 17 водонепроницаемыхъ отдѣленій, а въ междубортномъ всего по 14, такъ какъ нѣкоторые шпангоуты имѣютъ вырѣзки. Каждое водонепроницаемое отдѣленіе бортового корридора и бортового отдѣленія снабжено горловиною, а каждое водонепроницаемое отдѣленіе междудоннаго пространства снабжено двумя горловинами, чтобы можно было входить по обѣ стороны киля.

Такимъ образомъ въ междубортномъ и междудонномъ пространствахъ имѣются 73 водонепроницаемыхъ отдѣленій. Всѣ

кѣтки бортовыхъ корридоровъ и всѣ кѣтки бортовыхъ отдѣленій на нижней своей поверхности имѣютъ перепускные клапана, дающіе возможность перепускать воду изъ этихъ отдѣленій въ соответствующее отдѣленіе междудоннаго пространства, откуда вода уже выкачивается. Слѣдовательно, въ междубортномъ пространствѣ имѣются 56 перепускныхъ клапановъ.

Весь броненосецъ поверхъ двойного дна и двойного борта раздѣленъ десятию водонепроницаемыми поперечными переборками, идущими отъ борта до борта, на одиннадцать водонепроницаемыхъ главныхъ отсековъ. Пять изъ этихъ поперечныхъ переборокъ доходятъ до жилой палубы, одна до платформы и четыре до батарейной палубы. Кромѣ этихъ поперечныхъ переборокъ броненосецъ имѣетъ еще: двѣ продольныя водонепроницаемыя переборки, отдѣляющія угольные ямы, и одну переборку въ діаметральной плоскости, раздѣляющую кочегарное и машинное отдѣленіе, каждое на двѣ части. Угольные ямы не имѣютъ перепускныхъ клинкетовъ, и воду изъ угольныхъ ямъ перепускать можно только черезъ дверцы для подачи угля.

Кромѣ упомянутыхъ главныхъ водонепроницаемыхъ переборокъ броненосецъ имѣетъ еще много другихъ, отдѣляющихъ различныя помѣщенія, какъ напр., крѣйткамеры, бомбовые погреба и пр. Такимъ образомъ броненосецъ имѣетъ всего съ междудонными и междубортными пространствами 170 водонепроницаемыхъ отдѣленій.

Для удобства обозрѣнія всѣхъ этихъ водонепроницаемыхъ отдѣленій съ ихъ горловинами, клапанами, водонепроницаемыми дверями и проч., а также для нахожденія объема ихъ крена и дифферента, получаемого при затопленіи любого изъ отдѣленія и проч., всѣ водонепроницаемыя отдѣленія броненосца сведены въ систематическую таблицу (*).

Въ первыхъ вертикальныхъ столбцахъ этой таблицы, отдѣленныхъ толстыми вертикальными линіями, помѣщены всѣ водонепроницаемыя отдѣленія междудоннаго и междубортнаго пространствъ и угольныя ямы; въ слѣдующемъ

(*) См. приложение I.

широкомъ столбцѣ, помѣщены всѣ остальные внутреннія отдѣленія. Этотъ послѣдній столбецъ раздѣленъ на три вертикальныхъ столбца: въ первомъ изъ нихъ помѣщены отдѣленія, находящіяся между жилой и нижней палубами, во второмъ — между нижней палубой и платформой и въ третьемъ — между платформой и верхнимъ дномъ. Всѣ отдѣленія занумерованы и внесены въ таблицу въ томъ порядкѣ, въ какомъ они расположены на суднѣ, идя отъ носа къ кормѣ.

Горизонтальныя линіи таблицы означаютъ шпангоуты, противъ которыхъ приходятся перегородки, отдѣляющія различныя водонепроницаемыя отдѣленія, толстыя же изъ этихъ линій означаютъ тѣ шпангоуты, противъ которыхъ стоятъ водонепроницаемыя переборки и которые дѣлятъ все судно на главнѣйшіе водонепроницаемые отсѣки. Каждое водонепроницаемое отдѣленіе внесено въ таблицу въ соотвѣтствующій столбецъ между соотвѣтствующими шпангоутами. Для каждаго отдѣленія показаны: его водоизмѣщеніе и углы крена и дифферента судна при затопленіи отдѣленія. Въ послѣднихъ семи столбцахъ таблицы показаны: водонепроницаемыя двери, люки, горловины, отливныя отверстія, клинкеты, клапана и кингстоны, какія имѣются въ каждомъ отдѣленіи. Слѣдовательно, зная номеръ шпангоута и палубу, въ которой находится помѣщеніе, легко розыскать въ таблицѣ это послѣднее, а затѣмъ въ горизонтальной строкѣ, противъ названія помѣщенія найдете: объемъ помѣщенія, кренъ и дифферентъ судна при затопленіи этого отдѣленія и какія у этого отдѣленія имѣются двери, люки, горловины, клапана, отливныя отверстія, клинкеты и кингстоны.

Изъ обозрѣнія этой таблицы видно, что, для успѣшнаго управленія трюмными средствами противъ потопленія броненосца, надо держать въ исправности: 71 водонепроницаемую дверь, 32 люка, 175 горловинъ и 226 клапановъ разнообразнаго устройства съ сложными приводами въ жилую палубу; причемъ всюду, гдѣ штокъ приводной проходитъ сквозь непроницаемую переборку имѣется сальникъ. Если присоединить сюда огромное количество фланцевъ у всѣхъ трубъ водоотливной системы, то сдѣлается яснымъ, что недостаточно

испытанную и неприведенную въ надлежащій порядокъ водоотливную систему содержать въ исправности чрезвычайно трудно, а при средствахъ судовыхъ даже и невозможно, такъ какъ для примотра за всей водоотливной системой назначаются, какъ напр. на броненосцѣ «Сисой Великій», только 12 «трюмныхъ», набранныхъ изъ кочегаровъ и даже изъ строевыхъ матросовъ. Но для надлежащаго управленія трюмными средствами противъ потопленія, еще недостаточно того, чтобы все было въ исправности, нужно еще не потеряться въ критическій моментъ, когда каждая секунда замѣшательства можетъ дорого стоить.

Для того чтобы не чувствовать себя потеряннымъ въ этомъ лѣсу штоковъ, горловинъ, дверей, клапановъ и проч., нужно заранѣе обсудить, — какіе клапана и клинкеты должны быть всегда закрыты, а также какіе двери и горловины приходится держать открытыми (ибо въ смыслѣ непотопляемости всѣ горловины и двери всегда желательно имѣть закрытыми). И разъ рѣшено, какія двери и горловины держать закрытыми, то необходимо, чтобы никто не имѣлъ право безъ вѣдома трюмнаго механика ихъ открывать. Это весьма важно, ибо необходимыя въ критическихъ обстоятельствахъ присутствіе духа и спокойствіе могутъ явиться только тогда, когда есть глубокое убѣжденіе, что всѣ двери, горловины и пр. находятся именно въ томъ состояніи, какое для нихъ назначено. Кромѣ сего, необходимо заранѣе обсудить возможные случаи, въ какихъ можетъ оказаться броненосецъ, дабы не пришлось въ критическіе моменты рѣшать задачъ. Въ виду этого необходимо заранѣе вычислить всѣ углы крена и дифферента отъ затопленія каждаго отдѣленія и отъ совокупности нѣсколькихъ отдѣленій; все это нужно занести въ таблицу и затѣмъ обсудить ту опасность, которую будетъ испытывать броненосецъ въ каждомъ такомъ случаѣ.

Вычисленіе угловъ крена и дифферента — очень долгая и кропотливая работа, тѣмъ болѣе, что на броненосцѣ «Сисой Великій» ниже жилой палубы имѣются 170 водонепроницаемыхъ отдѣленій, которыя могутъ заполняться водою, не только по одному, но и по нѣсколько заразъ и, слѣдовательно число всевозможныхъ комбинацій при затопленіи отдѣленій можетъ

быть весьма большое. Однако, практика не требует большой точности и разобраться во всей этой массѣ возможныхъ случаевъ затопленія отдѣленій не будетъ трудно, если мы позволимъ себѣ упростить задачу, а именно: вычислимъ для каждаго водонепроницаемаго отдѣленія углы крена и дифферента по слѣдующимъ двумъ простымъ формуламъ:

Крен. мал. диф. 1".

Кр. мал. 1°

$$C_1 = \frac{V(R-a) \cdot 1}{L \cdot 12} = 790 \text{ и } C_2 = \sin. 1^\circ V(r-a) = 1038 \text{ т. ф.}$$

гдѣ V —водоизмѣненіе, L —длина, a —разстояніе центра тяжести отъ центра величины, R —разстояніе продольнаго метacentра отъ ц. в. и r —разстояніе поперечнаго метacentра отъ ц. в.—Формулы эти достаточно точны для малыхъ угловъ наклоненія, въ чемъ можно было убѣдиться на броненосцѣ «Сисой Великій» при опредѣленіи центра тяжести броненосца, когда заполняли водою бортовые отдѣленія, а также, когда грузили двѣнадцати дюймовыя орудія. При заполненіи водою нѣсколькихъ отдѣленій сразу, мы будемъ прямо складывать углы крена и дифферента, которые получаются при затопленіи каждаго отдѣленія порознь. При большихъ углахъ крена и при большихъ дифферентахъ это, конечно, будетъ не вѣрно, но, во всякомъ случаѣ, будетъ дано достаточно ясное понятіе о положеніи броненосца, что только и требуется. Я не стану останавливать Вашего вниманія на тѣхъ наблюденіяхъ и вычисленіяхъ, которыя производили на броненосцѣ «Сисой Великій» для провѣрки вышеозначенныхъ формулъ, при опредѣленіи центра тяжести и при погружкѣ кормоваго двѣнадцати дюймаго орудія, скажу только, что какъ и слѣдовало ожидать, результаты вычисленія и наблюденія оказались согласующимися въ достаточной для практики степени.

Пользуясь двумя вышеприведенными формулами были вычислены углы крена и дифферента для каждаго водонепроницаемаго отдѣленія и внесены въ прилагаемую при семъ таблицу. Пользуясь цифрами этой таблицы, мы дадимъ нѣкоторыя соображенія относительно непотопляемости броненосца, но предварительно считаемъ нужнымъ сдѣлать слѣдующія замѣчанія:

I. Запасъ плавучести броненосца очень великъ, такъ какъ наружный бортъ броненосца до батарейной палубы водонепроницаемъ, ибо минныя пушки вращаются въ яблочныхъ шарнирахъ, а иллюминаторы могутъ закрываться герметически, другихъ же отверстій нѣтъ, и батарейная палуба отстоитъ отъ грузовой ватеръ-линіи довольно высоко (около 9'). При 10.000 тоннъ водоизмѣщенія броненосца запасъ плавучести будетъ приблизительно 4580 тоннъ.

II. Опасные для броненосца углы крена начинаются съ 9° , такъ какъ при кренѣ въ 9° большіе огненные ящики у главныхъ котловъ уже оголены и башни ворочаются трудно.

III. Опаснымъ дифферентомъ надо считать тотъ, при которомъ верхняя палуба коснется воды, что уже случится при осадкѣ броненосца футъ на $7\frac{1}{2}$ или на 8 больше нормального и при дифферентѣ на носъ около $22'$.

IV. Носовое башенное отдѣленіе (№ 241) и кормовое башенное отдѣленіе (№ 402) даютъ, сравнительно съ прочими отдѣленіями, очень большой дифферентъ, и затопленіе этихъ отдѣленій весьма не желательно; казалось бы, что такія отдѣленія должны быть снабжены самыми сильными водоотливными средствами, а между тѣмъ на броненосцѣ «Сисой Великій» носовое башенное отдѣленіе, можно сказать, не имѣетъ никакихъ водоотливныхъ средствъ, ибо отростки общей осушительной трубы діаметромъ въ 3", при большой длинѣ приѣмныхъ трубъ и большой высотѣ подъема ($25'$) нельзя считать за сколько нибудь серьезное водоотливное средство.

V. Кочегарныя и машинныя отдѣленія, хотя и даютъ большой кренъ, но изъ нихъ можно откачивать большое количество воды.

VI. При опасныхъ углахъ крена возможно уменьшать углы крена до $4\frac{1}{2}^{\circ}$ наполненіемъ бортовыхъ отдѣленій и бортовыхъ корридоровъ, хотя здѣсь надо замѣтить, что кингстоны для затопленія этихъ отдѣленій поставлены излишне высоко, всего на 7' подъ грузовой ватеръ-линіей, такъ что при углѣ крена въ 14° они уже оголены и затопить бортовые отдѣленія и корридоры невозможно. Здѣсь же, встати сказать, что

на броненосцѣ «Сисой Великій» затопить междудонныя отдѣленія черезъ осушительную трубу нельзя, такъ какъ на приѣмныхъ отросткахъ съ нижняго дна стоятъ невозвратные клапана, а между тѣмъ затопить эти отдѣленія можетъ понадобиться для дифференрованія броненосца въ различныхъ случаяхъ. Среднія междудонныя отдѣленія, хотя и можно затоплять изъ бортовыхъ отдѣленій, но онѣ почти не даютъ дифферента, а только углубляютъ судно.

Разсмотримъ теперь, въ какомъ состояніи будетъ находится броненосецъ въ случаѣ затопленія одного или нѣсколькихъ его отдѣленій: сначала рассмотримъ положеніе броненосца въ случаѣ затопленія машиннаго или кочегарнаго отдѣленій, какъ болѣе важныхъ; затѣмъ, рассмотримъ положеніе броненосца въ случаяхъ затопленія каждаго изъ главныхъ его отсековъ, а затѣмъ—въ случаѣ затопленія нѣсколькихъ отдѣленій съ носу.

Допустимъ, на примѣръ, что затоплено правое носовое кочегарное отдѣленіе. Въ этомъ случаѣ, если будетъ затоплено также и одно изъ междудонныхъ отдѣленій, воды вольтется около 540 тоннъ, броненосецъ осядетъ на 13" глубже и накрестится на $4\frac{1}{2}^{\circ}$. Такое положеніе броненосца не будетъ опаснымъ, такъ какъ: 1) котлы въ безопасности отъ перегоранія, 2) орудія ворочаются еще легко, 3) гребные винты не обнажены и 4) небронированная часть борта еще подъ водой, т. е. не обнажена.

Если же предположить, что дверь, соединяющая правое носовое кочегарное отдѣленіе съ правымъ кормовымъ, не будетъ закрыта и что наполнится водою также и заднее правое кочегарное отдѣленіе, то уголъ крена дойдетъ до 9° , котлы будутъ близки къ опасности, орудія ворочаться будутъ трудно, небронированная часть борта будетъ уже обнажена.

Если же предположить, что водонепроницаемая дверь, ведущая изъ праваго носового въ правое кормовое кочегарное отдѣленіе, будетъ закрыта, а дверь, ведущая изъ праваго кочегарнаго отдѣленія въ лѣвое, открыта и это послѣднее отдѣ-

ление наполнится водою, то крена не будетъ и котлы будутъ въ безопасности, дифференъ будетъ $4\frac{3}{4}'$, но совершенно не опасный, оси винтовъ будутъ находиться на 11 футъ подъ водою (діаметръ винта $16\frac{1}{2}'$), небронированная подводная часть не оголена. Слѣдовательно, клинкетныя двери въ поперечной переборкѣ, ведущія изъ одного кочегарнаго отдѣленія въ другое, имѣютъ гораздо большее значеніе, чѣмъ клинкетныя двери въ продольной переборкѣ.

Если допустимъ, что водою затоплены оба, напримѣръ, правыя кочегарныя отдѣленія и правое машинное отдѣленіе, то броненосецъ накренится отъ 13° — 14° и осядетъ, приблизительно, на 7', причемъ броненосецъ окажется въ безпомощномъ состояніи. Котлы будутъ въ опасности, ибо огненные ящики будутъ обнажены, двѣнадцати-дюймовыя орудія не будутъ дѣйствовать и вода у накренившагося борта подступитъ къ шести дюймовымъ пушечнымъ портамъ. Гребные винты, хотя не будутъ обнажены, но управленіе судномъ сдѣлается крайне затруднительнымъ. Небронированная часть борта разумѣется будетъ обнажена.

Затопленіе обоихъ машинныхъ отдѣленій весьма не желательно, ибо всякое движеніе судна тогда становится невозможнымъ. Поэтому, клинкетная дверь между машиннымъ отдѣленіемъ по діаметральной переборкѣ весьма важна.

Теперь рассмотримъ, въ какомъ положеніи окажется броненосецъ при затопленіи каждаго изъ главныхъ отсековъ, поочередно.

Предположимъ, что затоплены всѣ носовыя отдѣленія до 20-го шпангоута. Дифференъ получится на носъ въ 9' и среднее углубленіе увеличится на $17\frac{1}{2}''$. Гребные винты будутъ близки къ поверхности воды, но останутся подъ водою и во всемъ остальномъ ничто броненосцу не грозитъ опасностью.

Слѣдующій отсекъ, отъ 20-го до 30-го шпангоута, при затопленіи всѣхъ его помѣщеній ниже жилой палубы даетъ дифференъ около $10\frac{1}{2}'$ на носъ и судно осядетъ на $26'',3$,

т. е. положеніе будетъ почти такое же, какъ въ предыдущемъ случаѣ и тоже неопасное.

При затопленіи слѣдующаго отсѣка, отъ 30 до 42 шпангоута, кочегарныхъ отдѣленій съ прилегающими угольными ямами и бортовыхъ корридоровъ получится дифферентъ въ 8' и броненосецъ осядетъ на 4', но все-таки будетъ далеко отъ серьезной опасности.

При затопленіи слѣдующаго отсѣка, отъ 42-го до 54 шпангоута, дифферента не будетъ и броненосецъ только осядетъ на 4', приблизительно.

При затопленіи слѣдующаго отдѣленія, отъ 54 до 65 шпангоута, получится дифферентъ на корму около 8', броненосецъ осядетъ только на 4', но оба машинныя отдѣленія будутъ затоплены, и судно окажется въ безпомощномъ состояніи. Затопленіе кормоваго башеннаго отсѣка, (отъ 65—76 шп.), со всѣми его бортовыми и междудонными отдѣленіями даетъ дифферентъ на корму около 12' и судно осядетъ на 34", приблизительно; при такомъ положеніи иллюминаторы каютъ-кампаніи будутъ въ водѣ. И наконецъ, затопленіе кормоваго отсѣка, отъ 76 шп. въ корму, даетъ дифферентъ 14 $\frac{1}{4}$ ' и осадку въ 11". Затопленіе двухъ послѣднихъ отсѣковъ вмѣстѣ даетъ дифферентъ около 26' и осадку на 4'.

Такимъ образомъ мы видимъ, что затопленіе любого изъ главныхъ отсѣковъ для броненосца не опасно.

Теперь посмотримъ, сколько отдѣленій, считая отъ носа, должно быть затоплено, чтобы броненосецъ оказался въ критическомъ положеніи, т. е. былъ бы готовъ затонуть. Надо только помнить, что способъ вычисленія положенія судна, справедливый для небольшихъ сравнительно дифферентовъ, будетъ не вѣренъ съ того момента, когда палуба уйдетъ въ воду, ибо при этомъ судно, при тѣхъ же кренящихъ моментахъ, будетъ наклоняться больше, чѣмъ это слѣдуетъ по вычисленію.

Мы разсмотрѣли уже случай затопленія до 30-го шпангоута и видѣли, что при затопленіи всѣхъ отдѣленій

*

жилой палубы до 30-го шпангоута броненосецъ осядетъ на 3' 7" и дифферентъ на носъ получится около $19\frac{1}{2}'$. При такомъ положеніи: 1) носовая часть баттарейной палубы будетъ въ водѣ, 2) башни могутъ дѣйствовать, 3) гребные винты оголены не будутъ, и 4) котлы будутъ въ безопасности. Словомъ, состояніе броненосца будетъ не опасное.

Если теперь предположимъ, что будутъ затоплены всѣ отдѣленія отъ носа до 42 шпангоута, т. е. до заднихъ кочегарныхъ отдѣленій, то воды вольется около 4000 тоннъ и, хотя броненосецъ не лишится еще запаса плавучести, но осядетъ на 8' и дифферентъ на носъ будетъ около $27\frac{1}{2}'$.

При такомъ положеніи, не только баттарейная палуба, но частью и верхняя будетъ покрыта водою. Вода черезъ носовую башню можетъ попасть въ жилую и баттарейную палубы, если только рубашка башенной брони пропускаетъ воду. Кромѣ того, если на 20-й переборкѣ двери закрыты не будутъ, тогда вода, попавъ въ баттарейную палубу, черезъ дымовые кожухи можетъ вливаться и въ заднія кочегарныя отдѣленія. Допуская водонепроницаемость всѣхъ переборокъ до 42-го шп., а также всѣхъ дверей, люковъ и пр. жилой палубы, т. е., если удастся сохранить жилую и баттарейную палубы отъ воды, то даже и при такихъ условіяхъ: 1) котлы будутъ въ опасности 2) башни будутъ ворочаться трудно, 3) гребные винты будутъ обнажены, и 4) сравнительно небольшого кренящаго момента будетъ достаточно, чтобы перевернуть судно, какъ это случилось съ англійскимъ броненосцемъ «Victoria», ибо моментъ инерціи площади грузовой при этомъ уменьшается весьма значительно.

Резюмируя все сказанное о затопленіи различныхъ отдѣленій, мы приходимъ къ заключенію, что непотопляемость современнаго броненосца чрезвычайно велика, конечно, при разумномъ и педантичномъ управленіи системой непотопляемости, хотя бы судно и не обладало большими водоотливными средствами, которыя, конечно, весьма необходимы для отливанія воды изъ отдѣленій сосѣднихъ съ затопленными, такъ какъ нѣтъ никакой воз-

возможности рассчитывать на полную герметичность переборокъ, дверей, люковъ и проч. Что же касается отливанія воды изъ затопленныхъ отдѣленій, то объ этомъ мы скажемъ немного ниже, послѣ того какъ сдѣлаемъ описаніе водоотливной системы и водоотливныхъ средствъ броненосца.

Для отливанія воды на броненосцѣ «Сисой Великій» имѣются, какъ это принято для всѣхъ современныхъ судовъ, двѣ системы трубъ: 1) *Магистральная* и 2) *Общая осушительная*. Назначеніе первой системы—отливать воду въ случаѣ пробоины или вообще сильной течи, вторая же система служить для содержанія трюмовъ сухими и ею, слѣдовательно, приходится пользоваться во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда вода случайно попадетъ въ междудонное пространство или на верхнее дно и, если трюмно-машинными помпами ее выкачать нельзя. Магистральная труба беретъ воду только поверхъ второго дна. На броненосцѣ «Сисой Великій» система магистральныхъ трубъ, хотя и расположена уже не въ междудонномъ пространствѣ, какъ это сдѣлано, напр. на броненосцѣ «Гангутъ», а поверхъ второго дна, но въ обоихъ башенныхъ отдѣленіяхъ и въ носу, и въ кормѣ, магистральная труба, для обхода башень, спущена въ междудонное пространство, что придаетъ ей опять почти всѣ недостатки трубы, помѣщающейся въ междудонномъ пространствѣ. На броненосцѣ имѣются двѣ магистральныя трубы: правая тянется почти по всей длинѣ судна, лѣвая же лежитъ только въ средней части судна. Обѣ магистральныя трубы сообщаются между собою двумя соединительными трубами, не имѣющими на себѣ никакихъ клинкетовъ, и посему обѣ магистральныя трубы представляютъ собою одну трубу съ развѣтвленіемъ ея по серединѣ судна, какъ бы на два рукава. На лѣвой, короткой трубѣ, разобщительныхъ клинкетовъ нѣтъ, на правой же, длинной трубѣ, ихъ всего только два: одинъ, находящійся впереди передней трубы, которая сообщаетъ магистральныя трубы, а другой, находящійся между соединительными трубами и являющійся совершенно излишнимъ, такъ какъ закрывая и открывая его, только и можно заставить воду бѣжать по одному

рукаву или по двумъ рукавамъ, а, слѣдовательно, справедливо будетъ сказать, что на обѣихъ магистральныхъ имѣется всего одинъ разобщительный клапанъ. Вообще надо пожалѣть, что на магистральныхъ трубахъ ставятъ такъ мало разобщительныхъ клинкетовъ, ибо, какъ напр., на броненосцѣ «Сисой Великій», для выкачиванія воды изъ нѣкоторыхъ отдѣленій приходится разрѣжать воздухъ въ магистральныхъ трубахъ на протяженіи около 360'. Клапана магистральныхъ трубъ, какъ было сказано, могутъ брать воду только со второго дна. Всѣхъ клапановъ — 29; изъ нихъ 9 спускныхъ и 20 коробчатыхъ. Штоки отъ всѣхъ клапановъ и клинкетовъ магистральныхъ трубъ выведены въ жилую палубу, причемъ вслѣдствіе тѣсноты и массы трубъ, особенно въ кочегарныхъ и машинныхъ отдѣленіяхъ, пришлось устроить весьма сложные приводы, съ зубчатыми шестернями, шарнирами Гука и проч. При проходѣ черезъ водонепроницаемыя переборки, магистральныя трубы снабжены приспособленіями для расширенія трубъ. Сѣтъ осушительныхъ трубъ, распространяющихся по всему судну, имѣетъ 43 клапана,—изъ нихъ 23 съ нижняго дна и 20 съ верхняго дна. Относительно этой сѣти трубъ только и можно сказать, что она имѣетъ слѣдующіе недостатки: 1) проведена съ большимъ количествомъ изгибовъ, иногда даже довольно крутыхъ, 2) въ помѣщеніи между діаметральной переборкой и котлами, гдѣ проходитъ осушительная труба, доступъ къ послѣдней, вслѣдствіе тѣсноты, чрезвычайно затруднителенъ, 3) резиновая прокладка въ клапанахъ осушительныхъ трубъ держится на сѣткѣ только своею упругостью, и часто, прикипая къ гнѣзду, отрывается отъ клапана и выносится по трубѣ за бортъ, 4) сѣтки на приѣмныхъ отросткахъ общей осушительной трубы несоразмѣрно малы, 5) отростки осушительной трубы, идущіе изъ носового и нижняго кормового патронныхъ погребовъ Готчкиса, проведены черезъ междудонное пространство, гдѣ въ присутствіи соленой воды, конечно, будутъ развѣдаться, какъ бы не содержались чисто эти отдѣленія междудоннаго пространства.

Водоотливныя средства на броненосцѣ «Сисой Великій» слѣдующія:

Число водо-отливныхъ средствъ.	Наименованіе водоотливныхъ средствъ	Число тоннъ вы-брасыв. въ 1 часъ од-нимъ водо-отл. сред-ствомъ.	Число тоннъ выбрасывае-мыхъ въ 1 ч. всѣми водо-отливными средствами.	Число тоннъ выбрасыв. въ одну минуту водоотлив-ными сред-ствами.
2	трюмно-машинныя помпы . . .	75	150	2,5
4	турбины.	750	3000	50
2	эжектора Фридмана № X. . . .	250	500	8,3
2	трюмныя помпы.	125	250	4
4	циркуляціонныя помпы	800	3200	53,3
1	пожарная помпа	100	100	1,67
2	ручныя насосы въ машинѣ . . .	20	40	0,67
	Итого . . .		7240	120

Изъ этой послѣдней таблицы мы видимъ, что водоотливныя средства броненосца «Сисой Великій» громадны. Число тоннъ воды, выкачиваемой въ 1 часъ, едва только не равняется числу тоннъ водоизмѣщенія броненосца. Но цифры, показанныя въ этой таблицѣ, суть контрактныя и хотя, прежде чѣмъ поставить на судно, каждый приборъ былъ провѣренъ пріемной комиссіей и принятъ только при условіи выполненія контракта, тѣмъ не менѣе цифры эти далеки отъ дѣйствительныхъ.

Прежде всего мы должны сказать, что на броненосцѣ «Сисой Великій» почти не существуетъ ни одного помѣщенія, изъ котораго можно было бы откачивать воду заразъ всѣми водоотливными средствами.

Изъ половиннаго числа помѣщеній можно выкачивать воду только одной турбиной, и то въ большинствѣ случаевъ діаметръ пріемнаго клапана меньше чѣмъ діаметръ пріемной трубы турбины (14"), такъ что и турбины не могутъ брать съ полной силой. Кромѣ сего, хотя водоотливные приборы и могутъ выкачивать число тоннъ воды, показанное въ таблицѣ, но не въ судовой обстановкѣ, если бы даже установка эта и была сдѣлана гораздо заботливѣе, чѣмъ на броненосцѣ «Сисой Великій». Чтобы не быть голословнымъ, мы позволимъ себѣ рассмотреть этотъ вопросъ нѣсколько подробнѣе.

Два горизонтальныхъ паровыхъ трюмныхъ насоса системы Чапмана и Крейтона, имѣетъ, каждый, пріемную трубу въ 6"

діаметромъ, и при такомъ размѣрѣ приѣмныхъ трубъ они дѣйствительно могутъ выкачивать по 125 тоннъ въ 1 часъ, каждый.

На броненосцѣ «Сисой Великій» діаметръ осушительной трубы всего лишь 4", а діаметръ приѣмного отростка даже 3". Слѣдовательно, площадь приѣмного отверстія уже въ 4 раза меньше площади поперечнаго сѣченія приѣмной трубы, но это было бы справедливо тогда, если бы на приѣмныхъ сѣткахъ площадь всѣхъ отверстій была не меньше площади поперечнаго отверстія отростка, на броненосцѣ же этого не соблюдено. Каждая сѣтка имѣетъ отъ 32 до 35 отверстій, діаметромъ въ $\frac{5}{16}$ ", такъ что площадь всѣхъ отверстій равна 3,4 кв. дм., площадь же поперечнаго сѣченія отростка—7,07 кв. дм. Такимъ образомъ площадь приѣмного отверстія уменьшена еще вдвое, а всего въ 8 разъ; здѣсь мы не приняли во вниманіе сжатія струй у отверстій, а если принять во вниманіе и это обстоятельство, то площадь приѣмного отверстія должна еще уменьшиться. Далѣе, высота подъема воды—съ верхняго дна 25', а съ нижняго дна 28', т. е. почти предѣльные; произошло это потому, что оба насоса поставлены въ жилую палубу.

При такой огромной высотѣ всасыванія, необходимо, чтобы насосъ могъ производить почти абсолютную пустоту, фланцы трубъ и сальники абсолютно не должны пропускать воздуха, и вредныя пространства должны быть уменьшены, на сколько только это возможно. На броненосцѣ же, благодаря неудачной проводкѣ общей осушительной трубы, ее пришлось сдѣлать со многими изгибами, довольно крутыми, чтобы обойти непроницаемыя двери, котельные приборы, крѣйтъ-камеры и проч. Вслѣдствіе большого количества изгибовъ пришлось поставить большое количество фланцевъ, которые, конечно, хотя бы и немного, но всегда будутъ пропускать воздухъ, равно также будутъ пропускать воздухъ всѣ сальники и крышки клапановъ осушительной трубы. Изъ сказаннаго безъ всякихъ комментарій ясно, съ какимъ довѣріемъ можно отнести къ цифрамъ таблицы.

Два эжектора Фридмана № X установлены также весьма неудачно, ибо труба по выходѣ изъ эжектора дѣлаетъ весьма

крутой заворотъ и до выходного отверстія претерпѣваетъ еще три заворота. Высота подъема воды эжекторами = 27'.

Четыре турбины — это главное водоотливное средство. Каждая изъ турбинъ должна выкачивать 750 тоннъ воды въ часъ, поднимая воду на 25', при давленіи въ цилиндрѣ 75 ф. на кв. дм. и 400 оборотахъ въ минуту. Всѣ четыре турбины снабжены двигателями Бродзерхуда; теоретическій подсчетъ данный Г-номъ Дерягинымъ указываетъ, что поставленные двигатели, при 75 фунтовомъ давленіи въ цилиндрѣ, оказываются слабосильными и для выполненія назначенной имъ работы необходимо давленіе въ золотниковой коробкѣ не менѣе 100 фунтовъ на кв. дм.

Къ числу недостатковъ водоотливной системы броненосца нужно еще причислить: 1) недостаточно высокій подъемъ клапана (меньше $\frac{d}{4}$), причиной этого служить соединительная шпилька отводнаго штока въ жилую палубу, упирающаяся въ палубный стаканъ раньше, чѣмъ клапанъ подымется на надлежащую высоту. 2) недостаточная величина приѣмныхъ отверстій у коробокъ клапановъ магистральной трубы; напримѣръ, клапанъ магистральной трубы около 14 шпангоута такъ поставленъ, что сумма площадей 4-хъ целеобразныхъ отверстій = 140 кв. дм., что далеко недостаточно для приѣмной трубы турбины, имѣющей діаметръ въ 14 дюймовъ.

Займемся теперь разсмотрѣніемъ различныхъ случаевъ пробоинъ и количества (максимальнаго) воды, которое можно откачать изъ различныхъ помѣщеній броненосца. Пробоины, получаемыя судномъ, можно раздѣлить на двѣ крупныхъ категоріи: 1) пробоины, получаемыя отъ артиллерійскихъ снарядовъ, и 2) пробоины, получаемыя отъ постановки на камни, взрыва мины, удара тарана и проч.

Пробоины, получаемыя отъ артиллерійскихъ снарядовъ, близки къ поверхности воды и по площади равны не болѣе 5 кв. ф. (милнитовый снарядъ даетъ пробоину въ 5 кв. ф., а обыкновенно пробоины отъ другихъ снарядовъ — гораздо меньшихъ размѣровъ). Пробоины же второй категоріи могутъ быть весьма

различны, отъ самыхъ незначительныхъ до 100 и 150 кв. футъ, какіе оказались на Victoria, City of Paris и Blanco Encolado. Чтобы представить себѣ то количество воды, которое вливается въ судно черезъ пробоину при различной ея площади и при различной глубинѣ, мы приведемъ слѣдующую таблицу:

Углубленіе въ футахъ.	Воды черезъ 1 кв. футъ.	Углубл. въ футахъ.	Воды черезъ 1 кв. футъ.	Углубл. въ футахъ.	Воды черезъ 1 кв. футъ.
1'	13,6 тоннъ.	5'	30,43 тоннъ.	10'	42,5 тоннъ.
2'	19,21 »	6'	33,49 »	15'	52,9 »
3'	23,63 »	7'	35,7 »	20'	61,2 »
4'	29,3 »	8'	39,1 »	25'	68,0 »

При разсмотрѣніи чиселъ этой таблицы, мы видимъ, что при пробоинахъ первой категоріи, пробоинахъ сравнительно небольшихъ по площади и находящихся близко къ поверхности воды, во многихъ случаяхъ судовыя водоотливныя средства будутъ достаточны настолько, что можно будетъ, не задѣлывая пробоины, откачивать воду или, по крайней мѣрѣ, не допускать воду до извѣстной высоты, что иногда весьма важно, напри- мѣръ, при затопленіи кочегарныхъ и машинныхъ отдѣленій. Что же касается пробоинъ второго рода, то въ огромномъ большинствѣ случаевъ не можетъ быть и попытки къ откачиванію воды. При такого рода пробоинахъ нужно главнымъ образомъ заботиться о изолированіи пробитыхъ отдѣленій и выкачивать воду придется, по всей вѣроятности, не изъ поврежденныхъ отдѣленій, а изъ сосѣднихъ, вслѣдствіе пропуска воды въ переборкахъ, течи горловинъ и проч.

Итакъ, заключаетъ г-нъ Дерягинъ, мы видимъ, что водоотливныя средства служатъ, такъ сказать, подспорьемъ для водонепроницаемыхъ переборокъ; они исправляютъ ихъ погрѣшности, отливая пробравшуюся воду. Главное же средство не-

потопляемости есть водонепроницаемая переборки. Содержаніе дверей и горловинъ въ исправномъ состояніи болѣе важно, чѣмъ исправное состояніе водоотливной системы.

Въ заключеніе позвольте мнѣ, м. г., сказать нѣсколько словъ уже лично отъ себя. Изъ всего того, что я имѣлъ честь сейчасъ изложить предъ Вами о водоотливной системѣ нашего новѣйшаго броненосца «Сисой Великій», не трудно усмотрѣть, что вся водоотливная система этого броненосца, отъ начала до конца, переполнена недостатками и промахами; я еще во многихъ мѣстахъ умолчалъ о томъ, что весьма многіе вопіющіе недостатки были исправлены уже передъ самымъ отправленіемъ броненосца въ дальнее плаваніе. Невозможно допустить, м. г., чтобы всѣ эти недостатки явились слѣдствіемъ недостаточно внимательнаго отношенія къ дѣлу; здѣсь надо искать еще другихъ причинъ. По нашему мнѣнію корень зла лежитъ во 1-хъ, въ недостаткахъ самой системы и мы не можемъ не сочувствовать перемѣнѣ всей системы на другую, какъ я слышалъ, усердно проводимую нашимъ Гл. Инсп. Мех. части Н. Г. Нозиковымъ, во 2-хъ, зло лежитъ въ неразработанности всей системы, — до сихъ поръ не существуетъ даже никакой опредѣленной нормы для того, какой силы надо ставить водоотливныя средства на данное судно, и мы не можемъ не отнестись съ сочувствіемъ къ попыткѣ въ этомъ направленіи инженеръ-механика Ступина, напечататавшаго въ Морск. Сборн. по этому поводу статью.

Мнѣ лично представляется, что въ настоящее время значеніе водоотливной системы чрезвычайно преувеличено, и мы уже превзошли предѣлъ, дальше котораго идти не слѣдуетъ, и что раціональнѣе было бы приложить бόльшую заботу къ непотопляемости судовъ.

Что водоотливная система необходима на суднѣ, сомнѣній въ этомъ быть не можетъ, но какой силы надо ставить водоотливную систему, — это вопросъ еще далеко не рѣшенный. Изъ того, что я имѣлъ честь сегодня изложить предъ Вами, ясно видно, что во многихъ случаяхъ водоотливная система окажется безсильною, какихъ бы размѣровъ она ни была, и

что военное современное судно может нести свою службу также успѣшно съ несравненно болѣе скромной водоотливной системой, при непремѣнномъ условіи, что вся система непотопляемости будетъ содержаться въ педантично исправномъ состояніи и управлять ею будутъ исполнѣ рационально, по заранѣе составленному плану, строго, точно и ясно опредѣляющему обязанности каждаго служащаго. Громоздкость, разбросанность и недоступность системъ непотопляемости и водоотливной дѣлають управленіе ими чрезвычайно затруднительнымъ. Конечно, только одинъ командиръ судна, который по своей службѣ долженъ зорко и бдительно слѣдить за всѣмъ окружающимъ, можетъ отдавать приказанія, но онъ обязанъ изучить это дѣло твердо и такого же твердаго знанія потребовать отъ всѣхъ служащихъ.

Плавая всѣ послѣднія десять лѣтъ на малыхъ судахъ, я не имѣлъ возможности служить на современныхъ большихъ боевыхъ судахъ, гдѣ, по всей вѣроятности, все уже выработано и узаконено и въ высшей степени было бы интересно, если бы гг. трюмные инженеръ-механики ознакомили остальныхъ членовъ общества съ этими порядками. Намъ представляется, что система непотопляемости не можетъ быть отнесена ни къ чьей спеціальности: знать ее твердо должны всѣ служащіе на суднѣ. И, по нашему разумѣнію, невозможно, чтобы одинъ трюмный механикъ могъ въ бою справиться съ имѣющимися въ его распоряженіи силами.

А. Пароменскій.

О котлахъ Бельвиля съ точки зрѣнія корабельнаго инженера.

Предлагая свой трудъ о водотрубныхъ котлахъ, системы Бельвиля, я не имѣю намѣренія касаться ихъ достоинствъ или недостатковъ, предоставляя это специалистамъ; къ тому же въ нашей технической литературѣ, особенно за послѣднее время, вопросъ объ этихъ котлахъ все болѣе и болѣе освѣщается, а потому каждый, желающій ознакомиться съ качествами котловъ Бельвиля, можетъ удовлетвориться довольно легко.

Безспорно, что эти котлы обладаютъ преимуществами надъ прежними цилиндрическими, благодаря легкости и быстротѣ исправленій въ случаѣ поврежденія и благодаря меньшей опасности при взрывахъ; затѣмъ, цилиндрическіе котлы уступаютъ котламъ Бельвиля въ ихъ способности работать при значительно высшемъ давленіи. Уже эти три качества новыхъ котловъ даютъ имъ громадныя преимущества надъ прежними, которые, вслѣдствіе этого уже, въ значительной мѣрѣ начинаютъ вытѣсняться первыми. Безъ сомнѣнія, въ недалекомъ будущемъ, благодаря постоянной практикѣ съ новыми котлами, они дадутъ результаты лучшіе, чѣмъ даютъ теперь, и ихъ достоинства, ставъ хорошо извѣстными, будутъ утилизироваться полнѣе, а слабыя стороны, по мѣрѣ знакомства съ ними, будутъ устраняться.

Разсматривая результаты испытаній механизмовъ судовъ, снабженныхъ котлами Бельвиля, и сравнивая ихъ съ проектированными данными, мы видимъ, что испытанія даютъ результаты тѣмъ успѣшнѣе, чѣмъ болѣе знакомы съ новыми котлами

тъ, на обязанности которыхъ лежитъ управленіе котлами; то же самое замѣчается и при продолжительныхъ плаваніяхъ (*).

Въ настоящее время уже сознательно чувствуется, что котлы Бельвиля приобрѣтають все большія и большія права. Спорный вопросъ о нихъ въ Англіи, не смотря на громадный процентъ противниковъ, окончился въ пользу новыхъ котловъ и послѣ испытаній *Terrible* въ Августѣ мѣсяцѣ 1896 года окончательно рѣшенъ въ пользу ихъ. Въ скоромъ времени котлы Бельвиля будутъ поставлены на 23-хъ судахъ англійскаго флота; общая сумма индикаторныхъ силъ будетъ равняться 322700 силамъ, причемъ крейсера 1-го класса «*Andromeda*», «*Europe*», «*Diadem*» и «*Niobe*» будутъ имѣть по 16500 индикаторныхъ силъ, а крейсера 2-го класса «*Gladiator*», «*Furious*», «*Vindictive*» и «*Argoissant*» — по 10000 силъ; кромѣ того у 12-ти вновь проектированныхъ судовъ, изъ которыхъ одинъ эскадренный броненосецъ въ 12900 тоннъ, будутъ также котлы Бельвиля.

У насъ въ Россіи эти котлы, какъ извѣстно, впервые были поставлены на «*Мининъ*», затѣмъ они какъ то забылись и не ставились на вновь строившихся судахъ вплоть до постройки мореходныхъ канонерскихъ лодокъ «*Грозящій*», «*Гремящій*» и «*Отважный*», построенныхъ одна за другой въ періодъ времени отъ 1890 г. до 1893 года. Одновременно съ этимъ такіе же котлы были поставлены на яхту «*Стрѣла*», а также замѣнены ими цилиндрическіе котлы на яхтѣ «*Царевна*». Къ этому времени назрѣлъ вопросъ о постройкѣ гиганта крейсера «*Россія*», на которомъ было рѣшено поставить также котлы Бельвиля. Въ настоящее время, на-

(*) Интересно знать, о какомъ судѣ упоминаетъ въ статьѣ «Разборъ элементовъ, составляющихъ боевую силу судовъ» Контръ-Адмиралъ Макаровъ, рассказывая такой эпизодъ:

«Въ минувшемъ (1893) году въ нашемъ флотѣ былъ случай, что пробило котельное отдѣленіе, и котель, бывший подъ полными парами, въ моментъ залило водой. Чрезъ два часа пробину закрыли, отдѣленіе откачали и развели пары въ котлѣ, который оказался вполне исправнымъ. Правда котель былъ водотрубный, но если цилиндрическіе котлы такой пробы не выдерживаютъ, то они для военныхъ судовъ не годятся». (Изъ Морск. Сб. № 6, 1894 г.).

чиная съ построенной уже Императорской яхты «Штандартъ», ими снабжаются эскадренные броненосцы «Пересвѣтъ», «Ослябя», крейсера «Паллада», «Діана», однотипный имъ крейсеръ и крейсеръ по типу «Россія».

Принимая участіе въ составленіи и разработкѣ проектовъ броненосца «Пересвѣтъ» и крейсера «Діана», я былъ поставленъ въ затруднительное положеніе при рѣшеніи вопроса о котлахъ и только по полученіи съ трудомъ кое-какихъ свѣдѣній, оцупью, такъ сказать, былъ въ состояніи рѣшить томившій меня вопросъ, который поселилъ вмѣстѣ съ тѣмъ желаніе выяснить его пообстоятельнѣе, чтобъ облегчить работу при проектированіи своимъ собратьямъ—корабельнымъ инженерамъ.

Опредѣленіе силы механизма для даннаго судна на извѣстную скорость лежитъ на составителѣ проекта судна, т. е. на корабельномъ инженерѣ; равнымъ образомъ онъ долженъ также опредѣлить число котловъ, способныхъ дать паръ для развитія полного числа силъ, опредѣлить мѣсто, необходимое для помѣщенія машинъ и котловъ, а также и вѣсъ механизмовъ и котловъ со всѣми къ нимъ принадлежностями.

Что касается опредѣленія силы машины, то теперь, благодаря формулѣ Флагманскаго Инженеръ-механика В. И. Афанасьева, (съ которой по простотѣ не сравнится никакая другая формула), сдѣлать это легко. Въ формулѣ этой

$$H = 1000 \left(\frac{v}{A} \right)^{10/3} \left(\frac{D^2}{kL} \right)^{1/3},$$

коэффициентъ А мѣняется въ предѣлахъ отъ 23 до 25, смотря по образованію и поверхности судна. На основаніи нѣкоторыхъ сравненій можно сказать, что коэффициентъ А можетъ быть и больше 25. Хотя вопросъ о силѣ машины не касается нашего разсмотрѣнія, однако позволяемъ себѣ сдѣлать небольшое отступленіе въ виду интересныхъ данныхъ, полученныхъ съ практики.

Изъ официальныхъ данныхъ о пробѣ механизмовъ крейсера 1-го ранга «Рюрикъ», произведенной 5 Сентября 1895 г., оказалось, что при тихомъ вѣтрѣ и тихой погодѣ, при дѣй-

ствіи паровыхъ вентилаторовъ и открытыхъ люкахъ, въ продолженіи 5-ти часового плаванія было сдѣлано на мѣрной милѣ 4 пробѣга, при давленіи пара отъ 120 до 127 фунтовъ.

При испытаніи крейсеръ имѣлъ углубленіе на ровный киль 26 ф. 10 д., вмѣсто проектированнаго на ровный же киль углубленія 25 ф. 9 д., т. е. сидѣлъ на 13" болѣе; водоизмѣщеніе его было 11566 тоннъ вмѣсто проектированнаго 10933 т., т. е. на 633 тонна болѣе. Среднія индикаторныя силы были:

лѣвой носовой	3114.38	правой носовой	3389.36
» кормовой.	3330.62	» кормовой.	3491.94
	6445.0		6881.3

всего 13326.3 силы. Скорости же при этомъ были:

на 1-мъ пробѣгѣ	19.15	} средняя скорость 18.84 узла.
» 2-мъ »	18.46	
» 3-мъ »	19.30	
» 4-мъ »	18.54	

Зная, что длина между перпендикулярами = 427 ф. и ширина 67 ф., опредѣлимъ по формулѣ величину коэффиціента А, руководствуясь выше приведенными данными; продѣлавъ необходимыя вычисленія, получаемъ, что $A = 25.516$. Опредѣляя же число индикаторныхъ силъ при $A = 25$, вмѣсто 13326.3 и. с. получаемъ 14226.3 и. с. т. е. на 900 инд. силъ болѣе.

Далѣе возьмемъ броненосецъ «Сисой Великій», который испытывался, имѣя перегрузку въ 782 тонна (вмѣсто 8880 имѣлъ 9762 тонна); на испытаніи средняя полученная скорость была 15.65 узла при 8635 индикаторныхъ силахъ.

Зная длину $L = 332$ ф. и $B = 68$ ф., опредѣлимъ, какова должна быть сила для полученія $v = 15.65$ при $A = 24$. Необходимое число силъ по формулѣ получаемъ 9348 и. с. т. е. на 713 силъ болѣе полученной. Чтобы при всѣхъ прочихъ заданіяхъ получить число индикаторныхъ силъ = 8635, коэффиціентъ А надо взять не 24, а 24,57.

Наконецъ, возьмемъ данныя съ испытаній учебнаго судна «Вѣрный»: среднее число силъ было 622, а соотвѣствующая имъ средняя скорость равнялась 11.14 узла; взявъ $A=24$, какъ для судна не обшитаго мѣдью, но съ гладкою поверхностью, опредѣлимъ число силъ по формулѣ, зная, что $L=204$, $B=36$ и $D=1163$ тонна. По формулѣ, вмѣсто 622 силъ, получаемъ 816 и. с. (на 194 болѣе); опредѣляя же численное значеніе A для $v=11.14$ узла при $H=622$, получаемъ $A=25.8$.

Этотъ подсчетъ съ «Вѣрнымъ» указываетъ намъ на прекрасное подводное образованіе, что подтверждается и практическими данными въ его кампанію лѣтомъ 1896 г. въ отрядѣ Морского Кадетскаго корпуса.

На основаніи только что приведенныхъ вопросовъ съ увѣренностью можно сказать, что, опредѣляя силу машины по вышеприведенной формулѣ, мы никогда не будемъ въ просчетѣ относительно силы машины для заданной скорости; другими словами, будемъ имѣть обезпеченную скорость, лишь бы не было недостатка въ парѣ.

Тѣ же подсчеты предсказываютъ крейсеру «Россія» скорость болѣе проэктированной, т. е. болѣе 19 узловъ, при развитіи машинами 14500 силъ. Что же касается паропроизводительности котловъ на крейсерѣ, то въ этомъ случаѣ, какъ далѣе будетъ видно, недочета не будетъ.

Вѣсъ механизма и котловъ опредѣляются корабельнымъ инженеромъ въ зависимости отъ числа индикаторныхъ силъ, и здѣсь то значеніе коэффиціента A играетъ большую роль, такъ какъ взявъ его, на примѣръ, для судна, обшитаго мѣдью, равнымъ 25.5, вмѣсто 25, мы получаемъ меньшее число силъ, а слѣдовательно и меньшій вѣсъ механизма, меньшее число котловъ и этимъ укорачиваемъ длину кочегарныхъ отдѣленій. Если бы на «Рюрикѣ» были котлы Бельвиля, типа котловъ «Россіи», то для излишнихъ 900 силъ потребовалось бы, во первыхъ, взять два лишнихъ котла, слѣдовательно, пришлось бы увеличить длину кочегарныхъ отдѣленій, и, во вторыхъ, увеличить вѣсъ котловъ на 60,5 тоннъ.

Покончивъ съ этимъ вопросомъ, перейдемъ къ опредѣленію вѣса котловъ.

Въ трудѣ В. И. Афанасьева «Практическіе законы движенія судовъ», мы на страницѣ 20, выпуска I, изданія 1895 г., находимъ, что полный вѣсъ механизма съ Белльвилевскими котлами и всѣми принадлежностями для 2-хъ винтовыхъ судовъ составляетъ 0.12 т. на силу. Съ своей стороны мы добавимъ, что и для 3-хъ винтовыхъ судовъ онъ остается почти такимъ же (*). Такъ, напримѣръ, на крейсерѣ «Россія», гдѣ полное число силъ = 17000 (изъ нихъ 14500 на двѣ главныя машины для сообщенія судну скорости въ 19 узловъ и 2500 силъ на заднюю вспомогательную машину для экономическаго хода), полный вѣсъ главныхъ и вспомогательныхъ машинъ съ котлами, валами, винтами и запасомъ прѣсной воды въ 145 т. (1 тоннъ на 100 с.) составляетъ 2051 тоннъ (0.12 т. на силу); на крейсерѣ типа «Россіи», съ тремя равносильными машинами, развивающими 15000 силъ, полный вѣсъ машиннаго груза составляетъ 1859 тоннъ, что даетъ на силу 0.124 т.; на броненосцахъ «Пересвѣтъ» и «Ослябя», при 3-хъ равносильныхъ машинахъ въ 14500 силъ, полный вѣсъ 1931 тоннъ, что составляетъ 0.133 т. на силу. Въ среднемъ вѣсъ механизма составитъ 0.128 тоннъ на силу.

Вѣсъ же собственно котловъ въ первыхъ двухъ случаяхъ (32 котла по 8-ми элементовъ и 10 рядахъ трубокъ) составляетъ 0.067 тоннъ на силу; на «Пересвѣтъ» и «Ослябя» (28 котловъ, какъ на «Россіи», и 2 котла по 6 элементовъ съ 10 рядами трубокъ) вѣсъ котловъ всего только 0.062 тонна на силу. Взявъ полный вѣсъ механизмовъ 0.13 т. на силу, собственно на машину будемъ имѣть въ среднемъ около 0.066 тоннъ на силу.

Вѣсъ собственно котловъ двухъ винтовыхъ судовъ со всѣми принадлежностями измѣняется отъ 0.043 до 0.083 т. на

*) Въ послѣднемъ циркулярѣ Морского Техническаго Комитета по Кораблестроенію отъ 3 марта 1894 г. за № 2, для 3-хъ винтовыхъ судовъ полный вѣсъ механизма съ котлами не долженъ быть болѣе 0,15 т. на силу.

силу (*). Далѣе будетъ показанъ способъ опредѣленія вѣса котла данной модели, а пока скажемъ нѣсколько словъ объ отведеніи мѣста для машины. Мѣсто для помѣщенія машины мы обыкновенно отводимъ, сообразуясь съ существующими уже машинами, близко подходящими по силѣ и по типу судна; опредѣлить его независимо мы, къ сожалѣнію, не можемъ, такъ какъ сами машинъ не проектируемъ. Что же касается мѣста, необходимаго для помѣщенія котловъ, то его опредѣлить не трудно: для этого надобно имѣть только нѣкоторое знакомство съ котлами, чему можетъ способствовать приложенная отдѣльно таблица сравнительныхъ данныхъ по котламъ Бельвиля.

Но прежде этого займемся опредѣленіемъ вѣса котла какой-либо модели, для чего воспользуемся нѣкоторыми данными, полученными отъ Инженеръ-Механиковъ А. И. Зотова и Ф. А. Брикса, которые, кромѣ того, дали и нѣсколько практическихъ указаній. Эти данныя сгруппированы въ ниже-слѣдующей таблицѣ 1-й.

Т а б л и ц а 1-я.

Имя судна.	Число котловъ (М).	Площадь колосниковой рѣшетки.	Длина колосниковой рѣшетки.	Длина элементовъ въ футахъ (l).	Ширина элементовъ въ миллиметрахъ.	Вѣсъ котловъ съ принадлежностью въ тоннахъ (Q).	Число индикаторныхъ силъ.	Вѣсъ котловъ на одну индикаторную силу.	Коэффициентъ $\frac{Q}{lN} = X$, гдѣ $Q = \frac{Q}{M}$.	Число элементовъ въ котлѣ (N)	Число рядовъ трубокъ.
Гремящій. .	8	27,72	4,15	5,42	215	106	2500	0,042	0,283	9	9 а
Отважный. .	8	27,72	4,15	5,42	215	106	2500	0,042	0,283	9	9
Царевна . .	2+2	—	4,76	5,58	—	66,8	800	0,086	0,315	10 и 9	10

*) Изъ брошюры Инженеръ-Механика А. И. Зотова. О котлахъ Бельвиля въ примѣненіи ихъ къ судамъ дальняго плаванія.

Имя судна.	Число котловъ (М).	Площадь колосниковой рѣшетки.	Длина колосниковой рѣшетки.	Длина элементовъ въ футахъ (l).	Ширина элементовъ въ миллиметрахъ.	Вѣсъ котловъ съ принад- лежностями въ тоннахъ (Q).	Число индикаторныхъ силъ.	Вѣсъ котловъ на одну индикаторную силу.	Коэффициентъ $\frac{g}{lN} = X$, гдѣ $g = \frac{Q}{M}$.	Число элементовъ въ котлѣ (N).	Число рядовъ трубокъ.
Штандартъ . . .	24	46,61	5,85	6,79	260	712	10600	0,067	0,437	10	10 b
Мининъ. . .	18	31,75	—	6,14	255	390	6000	0,065	0,450	8	9 c
Россия . . .	32	47,20	6,23	7,38	294	969	14500	0,067	0,512	8	10 d
Пересвѣтъ. . .	28+2	47,2 (8)	6,23	7,38	294	892	14500	0,062	0,468	8 и 6	10
Ослябя . . .	28+2	37,3 (6)	6,23	7,38	294	892	14500	0,062	0,468	8 и 6	10
Ortegal . . .	8	30,42	5,00	съ коробкой 6,07	—	130	2100	0,062	0,406	8	9
Sindh. . .	12	24,57	5,00		—	190	2400	0,079	0,400	8	9
Australien. . .	20	29,78	5,00		—	280	7000	0,040	0,360	8	11 e
Стрѣла. . .	2+4	—	2,79	4,10	—	75	1600	0,047	0,269	12 и 11	8

Эта таблица, какъ далѣе будетъ видно, даетъ важныя данныя, какъ для опредѣленія вѣса котловъ со всѣми къ нимъ принадлежностями, такъ и для опредѣленія размѣровъ кочегарныхъ отдѣленій. Въ столбцѣ 9 даны коэффициенты $X = \frac{g}{lN}$ (гдѣ g полный вѣсъ котла, l — длина элементовъ въ футахъ и N число элементовъ котла), откуда $g = lN$.

Положимъ, требуется опредѣлить вѣсъ котла, поставленнаго на «Россіи», т. е. котла съ 8-ю элементами при 10-ти рядномъ расположеніи трубокъ и при длинѣ элемента въ 2 метра 250 м. м. (7.38 ф.); допустимъ, что, кромѣ длины элемента и числа ихъ въ котлѣ, намъ извѣстенъ только коэффициентъ l , который въ этомъ случаѣ равенъ 0.512. Вѣсъ котла g будетъ равенъ $X l N = 0.512 \times 7.38 \times 8 = 30.23$ тонна, т. е.

чтобы получить вѣсъ котла извѣстной модели, надо его коэффициентъ умножить на длину элемента въ футахъ и на число ихъ.

Теперь опредѣлимъ вѣсъ котловъ на броненосцѣ «Пересвѣтъ», зная, что на немъ 28 котловъ по 8-ми элементовъ и 2 котла по 6-ти элементовъ, число рядовъ трубокъ во всѣхъ котлахъ 10, длина элементовъ 7.38 фута. Вѣсъ такого котла въ 8 элементовъ намъ извѣстенъ, остается узнать вѣсъ котла въ 6 элементовъ, который будетъ равенъ $0.512 \times 7.38 \times 6 = 22.67$ тоннъ; теперь получить вѣсъ всѣхъ котловъ весьма просто.

Для котла избранной модели, т. е. при неизмѣняющейся длинѣ элемента и при одномъ и томъ же числѣ рядовъ трубокъ, коэффициентъ X является характеристикой для вѣса котла.

Въ вышеприведенной таблицѣ мы имѣемъ пять такихъ характеристикъ, а именно:

1	для котла въ 8 элементовъ, при длинѣ элемента 6.14 ф. и 9 рядовъ трубокъ (с).
2	» » » 8 » » » » 7.38 » 10 » » (d).
3	» » » 8 » » » » 6.07 » 11 » » (e).
4	» » » 9 » » » » 5.42 » 9 » » (a).
5	» » » 10 » » » » 6.79 » 10 » » (b).

Число элементовъ въ котлахъ Бельвиля бываетъ отъ 6 до 12, причемъ число рядовъ трубокъ измѣняется отъ 4-хъ (8 трубокъ) до 11 рядовъ (22 трубки).

Котлы съ 8 элементами при 10-рядномъ расположеніи трубокъ въ настоящее время наиболѣе употребительны, причемъ наивыгоднѣйшей длиной элемента признается длина въ 7.38 ф. (2 м. 250 м.м.), а потому нѣтъ особенной надобности имѣть характеристики всѣхъ типовъ котловъ. Опредѣленіе вѣса котла такимъ способомъ даетъ достаточно точные результаты, и въ то же время избавляетъ отъ мѣшкотной работы подсчитыванія вѣса котла по деталямъ. Ниже сего приводимъ таблицу вѣса котловъ крейсера «Россія», проверенную на самомъ дѣлѣ.

Т а б л и ц а 2-я.

Вѣсь 32 котловъ Бельвиля для механизма крейсера «Россія»
въ 14500 силъ.

Части котловъ.	Вѣсь въ тоннахъ.
1. Главные котлы полностью съ колосниками и кирпичною кладкою	595,0
2. Дымовыя трубы и дымовыя ходы	80,0
3. Очистители, детандеры, предохранительные и стопорные клапана и пр.	11,7
4. Паровыя донки	26,0
5. Трубы въ кочегарняхъ	58,0
6. Жаро-непроницаемый матеріалъ	12,0
7. Вода въ котлахъ	46,0
8. Системы для известковой воды	3,3
9. Вода въ теплыхъ ящикахъ и систернахъ	22,5
10. Полы и трапы въ кочегарняхъ	27,0
11. Запасныя вещи	48,0
12. Компрессоры воздуха	15,0
13. Кочегарные вентиляторы	11,5
14. Кипятильники	13,0
Всего	969,0

Отсюда имѣемъ вѣсъ собственно котла $595 : 32 = 18.6$ т.

» » вѣсъ котла съ принадлежностью. $969 : 32 = 30.26$ »

Покончивъ съ вопросомъ о вѣсѣ котловъ, перейдемъ къ опредѣленію числа ихъ, а затѣмъ перейдемъ къ опредѣленію необходимаго для нихъ мѣста.

Упомянувъ, что наиболѣе раціональными котлами признаются котлы въ 8 элементовъ при 10-ти рядномъ расположеніи трубокъ, съ длиною элементовъ въ 7.38 ф., нѣтъ ничего проще опредѣлить число котловъ, ибо на каждый элементъ такого котла смѣло можно считать отъ 56 до 60 силъ. Кромѣ того, Механическое отдѣленіе Морского Техническаго Комитета, на основаніи практическихъ данныхъ, ставитъ въ условіе, чтобы при расчетѣ котловъ на каждый квадратный футъ площади колосниковой рѣшетки приходилось не свыше 10 индикаторныхъ силъ.

Это одно изъ важныхъ условій, обезпечивающихъ паропроизводительность котловъ.

Положимъ, что нужно опредѣлить число котловъ для механизма въ 9300 индик. силъ; если будемъ исходить изъ перваго положенія, т. е. опредѣлять число силъ, задавшись предварительно тѣмъ условіемъ, что будемъ имѣть дѣло съ котлами по типу «Россіи», гдѣ на элементъ приходится 56,6 индик. силъ, то число элементовъ будетъ $9300 : 56.6 = 160$ (164), а число котловъ будетъ $160 : 8 = 20$. По второму же положенію, т. е. при условіи, чтобы на квадратный футъ площади рѣшетки приходилось не болѣе 10 силъ, мы, зная, что площадь колосниковой рѣшетки такого котла равна 47.2 кв. фута, получимъ число котловъ $9300 : 10 : 47.2 = 20$ (19.7) котловъ.

Взявъ такіе котлы, какъ на яхтѣ «Штандартъ», т. е. 10-ти элементные съ 10 рядами трубокъ и съ площадью рѣшетки въ 46.6 фута, мы получили бы число котловъ, равное $9.300 : 10 : 46.6 = 20$; если же будемъ исходить изъ того, что на каждый элементъ такого котла приходится 44.2 силы, получимъ число котловъ $9300 : 44.2 = 21$.

Такая разница показываетъ намъ, что на каждый элементъ такого котла можно допустить болѣе, чѣмъ 44.2 силы, что

мы и видимъ изъ отдѣльно приложенной таблицы, гдѣ на каждый кв. футъ площади колосниковой рѣшетки приходится не 10, а около 9.5 силъ.

Въ отдѣльно приложенной таблицѣ сравнительныхъ данныхъ по котламъ Бельвиля, по возможности, опредѣлено число силъ на элементъ, а также и *число квадратныхъ футовъ нагревательной поверхности* на каждую силу. Это *другое*—еще болѣе важное обстоятельство, котораго по этому не слѣдуетъ упускать изъ виду при выборѣ котловъ.

Въ статьѣ Инженеръ-Механика В. И. Афанасьева «Боевыя скорости военныхъ судовъ», между прочимъ, говорится, что «при водотрубныхъ котлахъ, по причинѣ менѣе равномернаго въ нихъ распредѣленія пламени, по нагревательнымъ поверхностямъ, сравнительно съ обыкновенными дымоотрубными, необходимо имѣть не менѣе 3-хъ квадратныхъ футовъ нагревательной поверхности на силу». Основываясь на этомъ положеніи, которое мы будемъ имѣть возможность провѣрить еще разъ практическими данными, обратимся опять къ статьѣ В. И. Афанасьева, которая говоритъ, что только тогда можно считать результаты пробъ нормальными, когда вышеприведенное условіе выполнено; въ противномъ же случаѣ «всѣ скорости слѣдуетъ считать фиктивными, полученными въ теченіи не болѣе, какъ шести-часового испытанія», при отборномъ углѣ, совершенно чистыхъ котлахъ и хорошо подготовленныхъ кочегарахъ, однимъ словомъ, при тѣхъ наилучшихъ условіяхъ, которыя въ служебномъ плаваніи судна не выполнимы.

Лучшимъ подтвержденіемъ невыполненія этого условія является американскій крейсеръ «Columbia», развившій на испытаніи скорость въ 22.82 узла, тогда какъ на продолжительномъ переходѣ самымъ сильнымъ ходомъ онъ развилъ всего только 18.42 узла, т. е. на 4.4 узла менѣе, причиной чему является невыполненіе условія соотношенія между числомъ индикаторныхъ силъ и нагревательной поверхностью. Не вдаваясь въ подробности разбора о несовершенствѣ скорости крейсера «Columbia», разобранной уже въ вышеупомянутой статьѣ, и помня, что на «Columbia» котлы цилиндрическіе, обратимся за подтвержденіемъ сказаннаго къ судамъ, снаб-

женнымъ котлами Бельвиля и на первый разъ приведемъ въ примѣръ минные авизо французскаго флота «Léger» и «Levier»; каждый изъ нихъ, какъ видно изъ таблицы, снабженъ шестью котлами, общая нагрѣвательная поверхность которыхъ = 5631.88 кв. футъ (523.2 кв. метра) и площадь колосниковой рѣшетки 209.9 кв. футъ (19.5 кв. метровъ); число же индикаторныхъ силъ механизма 2200, которые должны бы были развить скорость въ 18.8 узла. Опредѣляя число футъ нагрѣв. поверхности на каждую индикат. силу, видимъ, что ея приходится всего 2.56 кв. фута, тогда какъ число силъ на квадратный футъ колосниковой рѣшетки 10.48.

По только что приведенному разсужденію можно сказать, что скорость въ 18.8 узла ни «Léger», ни «Levier» на практикѣ имѣть не будутъ, и если такая скорость возможна, то только при *наилучшихъ* условіяхъ *непродолжительной* пробы. Посмотримъ, на сколько эти соображенія оправдываются практикой; для этого приведемъ результаты испытаній одного изъ нихъ.

Продолжительность испытаній . . .	6 час.	6 час.	12 час.	6 час.	3 час.
Число оборотовъ въ минуту . . .	196.5	276.8	276.6	306.9	310.8
Число развитыхъ индикаторн. силъ.	688.0	1545	1525	2163	2238
Скорость хода въ узлахъ	12.8	—	16.9	18.4	18.4

Примемъ въ расчетъ только три послѣдніе пробѣга, изъ которыхъ средняя индикаторная сила будетъ 1975 и число квадр. футъ нагрѣвательной поверхности на силу = 2.86; средняя же скорость будетъ 17.9 узла, т. е. почти на цѣлый узелъ меньше. Эти испытанія достаточно хорошо иллюстрируютъ приведенное положеніе о необходимости имѣть на каждую силу не менѣе 3-хъ кв. футъ нагрѣвательной поверхности. Если при послѣднихъ двухъ пробѣгахъ и получилось въ среднемъ 2200 силъ, то предъидущіе пробѣги ясно указываютъ, что здѣсь дѣло не обошлось безъ нѣкотораго напряженія котловъ, къ тому же продолжительность этихъ двухъ испытаній была отъ 3 до 6 часовъ.

Далѣе, возьмемъ броненосный крейсеръ «Latouche-Tréville», у котораго 16 котловъ съ общей нагрѣвательной поверхно-

стью въ 1814 кв. метровъ; ожидаемая отъ него скорость была 19 узловъ, при условіи развитія механизмомъ 8300 индикаторныхъ силъ, т. е. на одну индикаторную силу приходится 2.34 кв. фута нагрѣвательной поверхности. Этотъ крейсеръ въ Мартѣ мѣсяцѣ 1895 г. ходилъ на пробу и при 110 оборотахъ винта, на 24-хъ часовомъ испытаніи развилъ всего только 5250 индикаторныхъ силъ, получивъ при этомъ среднюю скорость, равную 16.84 узла, т. е. развилъ такое число индикаторныхъ силъ, при которомъ выполнилось условіе, приведенное выше (3.61 кв. футъ на каждую силу). Подобный случай очень убѣдителенъ и весьма краснорѣчиво подтверждаетъ основное положеніе, что при Бельвилевскихъ котлахъ число квадр. футъ нагрѣвательной поверхности на силу не должно быть менѣе трехъ.

Къ сожалѣнію, крейсеръ «Россія», такъ успѣшно построенный Балтійскимъ заводомъ, не можетъ дать результатовъ своихъ пробъ, но смѣемъ надѣяться, что скорость его, при нормальныхъ условіяхъ нагрузки, не будетъ менѣе ожидаемой, т. е. 19-ти узловой, какъ на испытаніи, такъ и на службѣ, потому что въ данномъ случаѣ каждой индикаторной силѣ соотвѣтствуютъ 3,25 кв. фута нагрѣвательной поверхности и на квадратн. футъ площади колосниковой рѣшетки приходится 9,60 силы (менѣе 10). Эскадренный броненосецъ «Bouvet» имѣетъ также 32 котла, какъ и «Россія», но ожидаемую отъ него скорость въ 18 узловъ ему едва ли удастся развить, не только при продолжительномъ плаваніи, но даже на испытаніи, если только послѣднее будетъ производится при полномъ его водоизмѣщеніи. Чтобы подтвердить это мнѣніе, приведемъ данныя изъ таблицы (см. стр. 73).

Тоже самое можно сказать и объ англійскихъ крейсерахъ 1-го класса «Terrible» и «Powerfull»; осенью настоящаго года оба крейсера ходили на пробу, но о пробѣ одного изъ нихъ, а именно «Powerfull'я», говорить еще преждевременно, такъ какъ онъ, давая машинѣ только 95 оборотовъ, — среднюю скорость въ 19 узловъ получилъ, будучи не догруженъ до нормальной посадки, т. е. при меньшемъ водоизмѣщеніи.

Т а б л и ц а 3-я.

Э л е м е н т ы.	«Россія».	«Bouvet».
Водоизмѣщеніе	12195	12200
Отношеніе длины къ ширинѣ	6,895	5,571
Число индикаторныхъ силъ механизма	14500	14000
Нагрѣвательная поверхность въ кв. футахъ.	47131,53	32764,8
Число кв. фут. нагрѣв. поверхн. на силу . .	3,25	2,34
Ожидаемая скорость въ узлахъ	19,0	18,0
Число кв. футъ пл. колосн. рѣшетки	1510,45	1136,6
Число силъ на кв. футъ колосник. рѣшетки .	9,60	12,32
Число котловъ	32	32

Каждый изъ крейсеровъ снабженъ машинами въ 25000 силъ; послѣднія рассчитаны для полученія скорости въ 22 узла, но можно сомнѣваться, чтобы это осуществилось въ дѣйствительности. Въ № 9 Морского Сборника за 1896 г. мы можемъ позаимствоваться нѣкоторыми данными; но слѣдуетъ замѣтить, что сообщаемыя Морскимъ Сборникомъ данныя не точны и безусловно полагаться на нихъ нельзя; укажемъ мимоходомъ на тѣ ошибки, которыя бросаются въ глаза, такъ, напримѣръ, ширина его показана 81 ф., тогда какъ она всего только 71 ф.; общая площадь колосниковой рѣшетки исчислена въ 2100 кв. футъ, вмѣсто имѣемой площади въ 2196 кв. футъ и полная нагрѣвательная поверхность, вмѣсто 67793,5 кв. футъ, показана только 60000 кв. футъ. (Указываемъ на эти погрѣшности, руководствуясь данными Delaunay Belleville'я и тѣмъ соображеніемъ, что при нагрѣвательной поверхности въ 60000

кв. футъ, число квадр. футъ (2,4) на каждую индикаторную силу, для полученія скорости въ 22 узла слишкомъ мало, тогда какъ по даннымъ Бельвиля, на каждую силу приходится 2.71 кв. футъ).

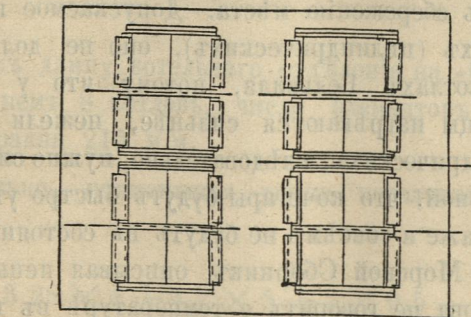
Если на пробѣ крейсеръ при 105 оборотахъ и развилъ скорость въ 21.5 узла, то здѣсь не слѣдуетъ забывать весьма важнаго обстоятельства, а именно, что водоизмѣщеніе его при испытаніи было, по меньшей мѣрѣ, на 2300 тоннъ меньше проэктированного (14200 тоннъ). При опредѣленіи этого водоизмѣщенія мы руководствовались такимъ расчетомъ: взявъ коэффициентъ площади грузовой 0,6 (на самомъ дѣлѣ онъ вѣроятно больше), мы опредѣлили площадь грузовой ватерлиніи ($0,6 \times 534.75 \times 71$) въ 22780,35 квадр. футъ и отсюда вычислили водоизмѣщеніе на 1" углубленія = 54.2 тонна. Намъ же извѣстно, что, вмѣсто проэктированного на ровный киль углубленія въ 27 футъ, крейсеръ сидѣлъ носомъ 20.3 ф. (6.2 метра) и кормою 26.6 ф. (8.1 метра), т. е. среднее углубленіе было 23.45 ф., слѣдовательно, до полного водоизмѣщенія не хватало 3.55 ф. или ($42.6'' \times 542$) 2309 тоннъ. Къ сожалѣнію, Морской Сборникъ не указываетъ точно число развитыхъ индикаторныхъ силъ. Если же только оно было 18000 с., то здѣсь условіе соотношенія числа силъ и нагревательной поверхности выполнено (на силу приходится 3.76 кв. ф.).

Резюмируя все вышеизложенное объ опредѣленіи и выборѣ котловъ, видно, что котлы тогда будутъ работать удовлетворительно, когда на каждый квадратный футъ площади колосниковой рѣшетки приходится не свыше 10 индикаторныхъ силъ, и число квадратныхъ футъ нагревательной поверхности на силу будетъ не менѣе 3-хъ кв. футъ. Всѣ такія данныя для сравненій можно найти въ приложенной таблицѣ. Пользуясь ею, не слѣдуетъ забывать, что она составлена по даннымъ, полученнымъ отъ Бельвиля, и очень можетъ быть, что онѣ для рекламы нѣсколько преувеличены, но, съ своей стороны, спѣшимъ добавить, что котлы крейсера «Россія», которые изготовлялись въ С.-Дени, на заводѣ Бельвиля, заставляють къ даннымъ относиться довѣрчиво.

Зная теперь, какъ опредѣлить число котловъ, и какія условія требуется выполнить для ихъ успѣшной работы, а также зная, какъ опредѣлять вѣсъ котловъ, займемся опредѣленіемъ мѣста для нихъ.

При разсматриваніи чертежей расположенія котловъ замѣчается три вида расположенія ихъ: 1-е расположеніе котловъ вдоль судна, когда котлы прилегаютъ спинками къ діаметральной плоскости, какъ напр. на крейсерахъ «Россія» и носовая группа котловъ на «Terrible'ѣ» и «Powerfull'ѣ» и на броненосцахъ «Пересвѣтъ» и «Ослябя» (также на «Chili», «Ortegal», «Tréhouart», «Ernest Simon», «Descartes», «Pascal», «Pothuau», «Galilée», «Lavoisier», «Catinat» и др.); затѣмъ расположеніе, какъ напр. на «Bouvet» и «Raquebot № 104», т. е. посрединѣ кочегарнаго отдѣленія, поперекъ судна, спинками вмѣстѣ и топками къ поперечнымъ переборкамъ, и 3-е расположеніе, тоже поперекъ судна, но спинки прилегаютъ къ поперечнымъ переборкамъ, а топки обращены на встрѣчу другъ другу, какъ напр. 2-я и 3-я отъ носа группы котловъ на «Terrible» и «Powerfull».

На «Brennus'ѣ» встрѣчаемъ еще одно расположеніе, когда котлы поставлены на подобіе перваго расположенія, но не по діаметральной плоскости, а въ двѣ параллельныя группы; (схематическое расположеніе этихъ котловъ видно на представленной фигурѣ).



Фиг. 16.

Группы котловъ, стоящихъ ближе къ борту установлены по расположенію первому, а среднія двѣ группы напоминаютъ расположеніе третье.

Первое расположеніе, т. е. спинками къ діаметральной плоскости и топками къ бортамъ, самое выгодное расположеніе, какъ въ отношеніи вентиляціи котельныхъ отдѣленій, такъ и относительно удобства ухода за котлами во всѣхъ отношеніяхъ, а равно и относительно расположенія донокъ, вентиляторовъ, отверстій для угольныхъ ямъ и проводки трубъ. При такомъ расположеніи котловъ можно съ увѣренностью сказать, что температура кочегарныхъ отдѣленій, даже въ тропикахъ не будетъ превосходить 41° Цельсія. Такъ говоритъ въ своей брошюрѣ Инженеръ-Механикъ А. И. Зотовъ, совершившій переходъ изъ Бордо къ берегамъ Южной Америки и обратно, на пароходѣ общества «Messageries Maritimes» — «Ortegal», имѣющемъ подобное расположеніе котловъ.

Единственное неудобство, вѣрнѣе, слабая сторона такого расположенія заключается въ томъ, что они требуютъ много мѣста по длинѣ судна.

Второе расположеніе слѣдуетъ считать менѣе выгоднымъ, потому что будетъ очень трудно вентилировать кочегарныя отдѣленія, располагать трубы, донки и пр.; въ отношеніи же сбереженія мѣста это расположеніе слѣдуетъ признать выгоднѣе перваго, если только ширина судна и размѣры котловъ позволяютъ сдѣлать это.

Третье расположеніе, выполненное на «Powerfull» и «Terrible» и частью на «Brennus», вовсе не рекомендуется, хотя тоже ведетъ къ сбереженію мѣста. Допускаемое при обыкновенныхъ котлахъ (цилиндрическихъ), оно не должно допускаться при котлахъ Бельвиля, потому что у послѣднихъ стѣнки и дверцы нагрѣваются сильнѣе, нежели въ обыкновенныхъ цилиндрическихъ, слѣдовательно, нужно ожидать жары настолько сильной, что кочегары будутъ быстро утомляться, а можетъ быть даже и совсѣмъ не будутъ въ состояніи работать. Жалѣемъ, что Морской Сборникъ, описывая испытанія «Terrible'я», ни слова не говоритъ о температурѣ въ кочегарныхъ отдѣленіяхъ, но во всякомъ случаѣ, испытанія эти производились въ нежаркое время года и въ Сѣверныхъ моряхъ, т. е. въ такихъ, гдѣ имъ пожалуй не придется и плавать; интересно будетъ узнать, какова будетъ температура на Ter-

gible'ѣ, когда онъ направится къ берегамъ Австраліи, куда его предполагается послать.

Выбравъ которое нибудь изъ этихъ расположеній, опредѣлимъ размѣры кочегарныхъ отдѣленій, для чего обратимся опять къ таблицѣ 1-ой. Расположимъ котлы спинками въ діаметральной плоскости и топками къ бортамъ. Пусть необходимое число котловъ будетъ 24, а избранные нами котлы будутъ 8-ми элементными при десяти рядахъ трубокъ. Если мы помѣстимъ котлы въ 3-хъ отдѣленіяхъ, то въ каждомъ окажется по 8-ми котловъ или по четыре въ рядъ. Длина котловъ прежде всего зависитъ отъ ширины элементовъ, которая для котла избранной нами модели равна 294 м.м. $294 \text{ м.м.} \times 8 = 2.352 \text{ метра}$ или 7.717 футъ; число котловъ 4; слѣдовательно, мѣста по длинѣ судна понадобилось бы $7.717 \times 4 = 30.868 \text{ футъ}$; но имѣя въ виду, что элементы одного котла не прилегаютъ непосредственно къ элементамъ другого, а имѣютъ промежутокъ, почти одинаковый для всѣхъ котловъ, необходимый для помѣщенія изоляціи и не превосходящій 1.2 фута, и такихъ промежутковъ для 4-хъ котловъ будетъ 5, имѣемъ прибавку въ $1.2 \times 5 = 6 \text{ футъ}$; затѣмъ, оставляя не менѣе 6 дюймовъ для крѣпленія переборокъ и 2 фута для прохода, получимъ длину отдѣленія $= 30.868 \text{ ф.} + 6 \text{ ф.} + 2 \times 0.5 \text{ ф.} + 2 \text{ ф.} = 39.868 \text{ ф.}$ или 40 ф. На крейсерѣ «Россія» длина отдѣленія $= 40 \text{ фу-}$
 тамъ.

Опредѣлимъ длину котельнаго отдѣленія на «Отважномъ», зная, что на немъ 8 котловъ, число элементовъ 9, ширина же элемента равна 215 м.м.

Слѣдовательно, наименьшая длина котельнаго отдѣленія должна быть

$$0.215 \text{ м.} \times 3.28 \times 4 + 1.2 \times 5 + 2 \times 0.5 + 2 = 34.39.$$

На самомъ дѣлѣ она равна 39 ф., но не потому, чтобы котлы занимали мѣста по длинѣ больше, а потому что проходъ оставленъ въ 6 ф. На «Штандартѣ» два котельныхъ отдѣле-

нія, по 12 котловъ въ каждомъ, или по 6 въ рядъ, длина отдѣленія = 62 ф. По нашему подсчету она опредѣлится такъ:

Имѣемъ 6 котловъ въ рядъ, каждый котелъ въ 10 элементовъ, ширина элемента = 260 м.м. Для 10 элементовъ длина будетъ равна 2.6 метра, а потому для 6 котловъ имѣемъ $2.6 \times 3.28 \times 6 = 51.2$ фута + 7 промежутковъ по 1.2 фута, всего 8.4 фута + 2 фута на проходъ и по 6 дюйм. на крѣпленіе переборокъ, всего 62,6 фута.

Тѣми же соображеніями можно руководствоваться и при помѣщеніи котловъ поперекъ судна, когда котлы стоятъ по срединѣ отдѣленія между переборками, т. е. не прилегаютъ къ поперечнымъ переборкамъ своими спинками; правда, здѣсь нѣтъ надобности оставлять по 6 д. на крѣпленіе переборокъ, но за то проходъ остается по той и другой сторонѣ котловъ, на что и можетъ быть употребленъ этотъ, повидимому лишній, футъ.

При помѣщеніи же котловъ поперекъ судна, но спинками прилегающими къ поперечнымъ переборкамъ, этотъ футъ уничтожается. Впрочемъ, если длина судна не позволяетъ поставить котлы вдоль судна и ихъ приходится ставить поперекъ, по расположенію 2-му, то проходъ по бокамъ котловъ можетъ быть достигнутъ нарушеніемъ прямолинейности переборокъ угольныхъ ямъ, прилегающихъ къ котельному отдѣленію, на длинѣ отдѣленія.

Что касается ширины котельныхъ отдѣленій, то здѣсь во всѣхъ случаяхъ надо руководится тѣмъ соображеніемъ, чтобы достаточно было мѣста, необходимаго для свободного выниманія элемента, а потому и ширина отдѣленія должна быть никакъ не менѣе длины элемента котла. Стало быть, для расположенія 1-го ширина кочегарнаго отдѣленія должна быть не менѣе длины элемента; для расположенія второго длина кочегарнаго отдѣленія должна быть не менѣе четырехкратной длины элемента и для расположенія третьяго — длина отдѣленія должна быть не менѣе двухкратной длины элемента.

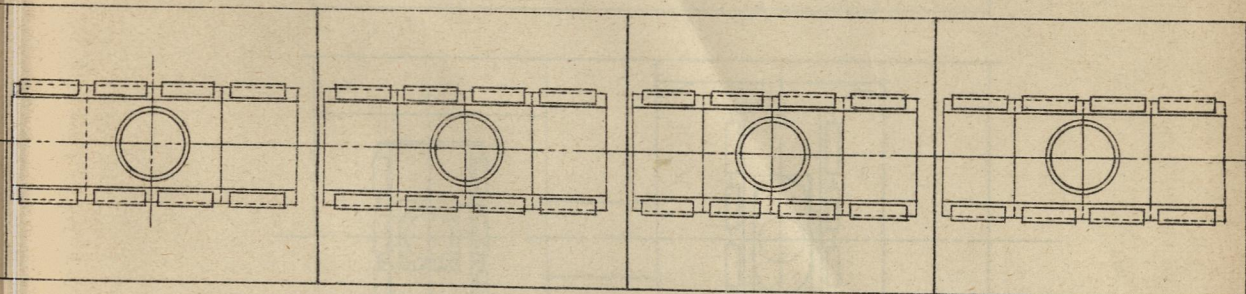
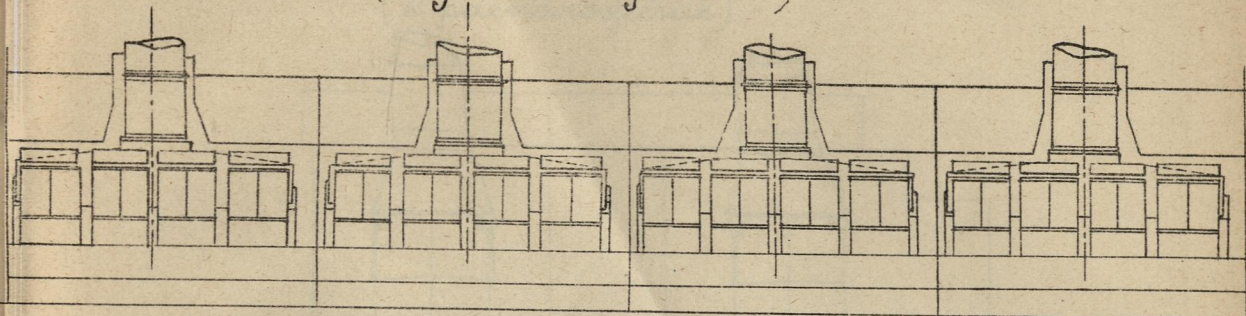
О высотѣ кочегарныхъ отдѣленій говорить много не приходится, потому что на малыхъ судахъ котловъ Бельвиля не ставятъ въ послѣднее время, а на большихъ — въ распо-

ряженіи кочегарни находится вся высота интрьума; но во всякомъ случаѣ слѣдуетъ имѣть въ виду, что кромѣ котла съ коллекторомъ нужно мѣсто и для помѣщеній приборовъ и принадлежностей котла.

Корабельный Инженеръ **Шебалинъ.**

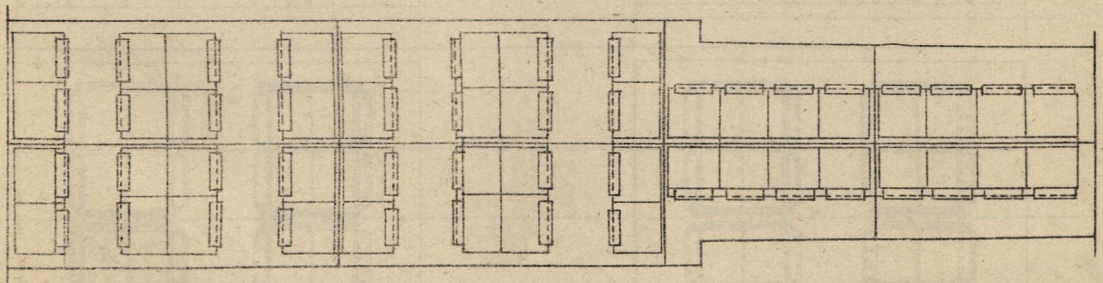
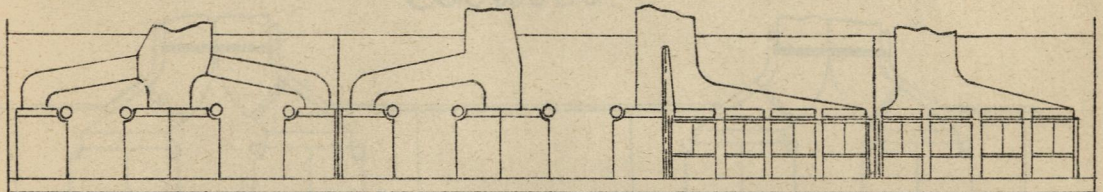
Poccia

(1^е pacnorosferie)



Powerfulle u Terrible

(3^е pacnorosferie)

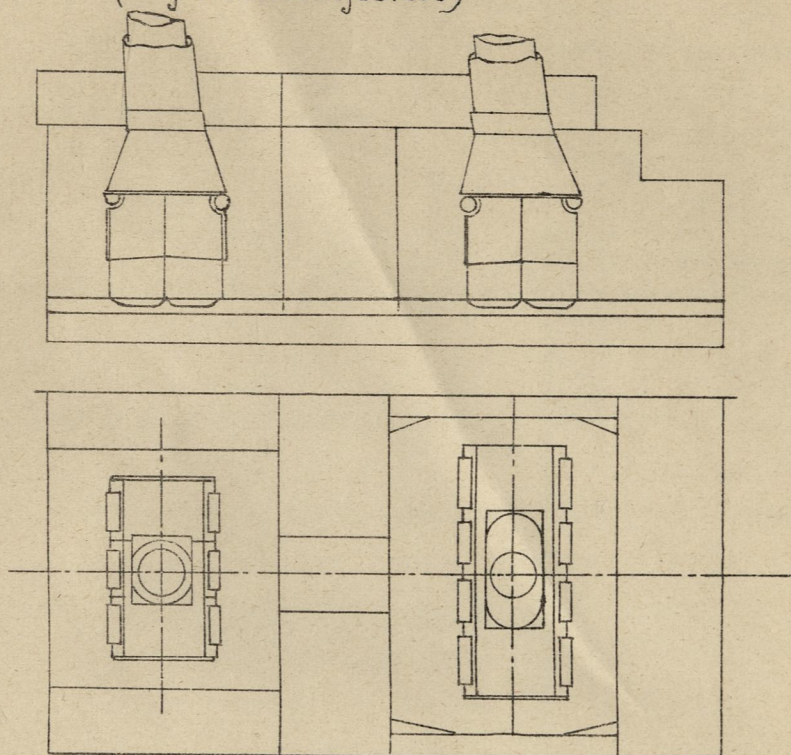


Brennus

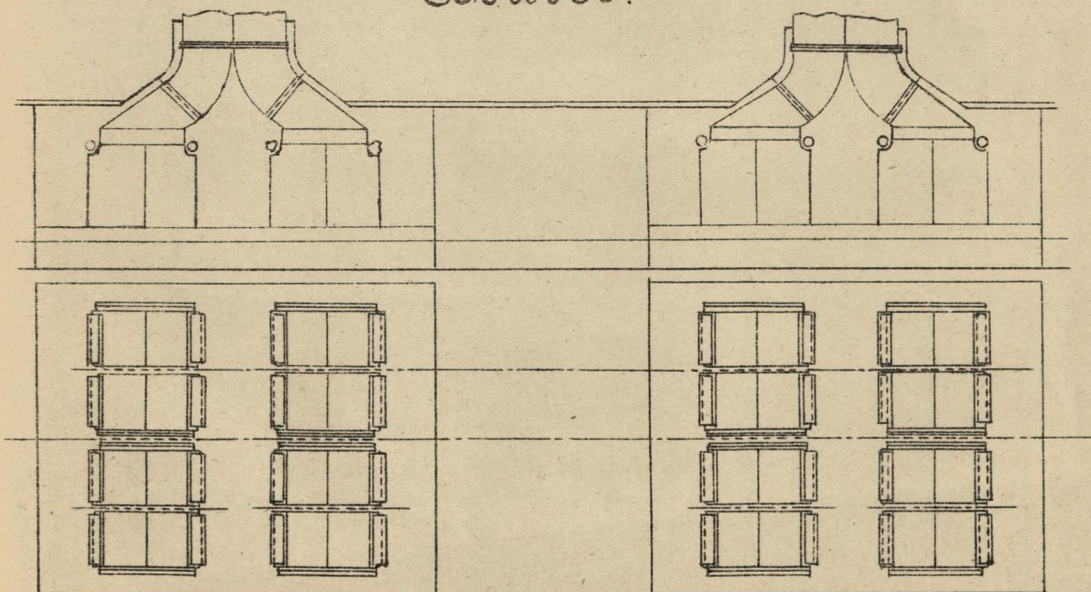
(4^е pacnorosferie)

Jaquetbot № 104.

(2° perspective)



Bouvet.



НАЗВАНИЕ СУДА.	ТИП СУДА.	Кораблестроительные элементы.				Водо-измѣщеніе въ тоннахъ.	Годъ спуска.	Механическіе элементы.										Число индикаторныхъ силъ на					На одну индикаторную силу приходится (теоретически)				G		Нѣкоторыя данныя съ испытаній (среднія).								ПРИМѢЧАНІЯ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		L		B				D	Д а н н ы я д л я к о т л о в ъ .					V	I. H. P. Индикаторная сила проэктированная.	1 кв. футъ.	1 кв. метръ.	1 кв. футъ.	1 кв. метръ.	одинъ элементъ.	площади коло-синковой рѣшетки.		нагрѣвательной поверхности.		Всѣхъ котловъ съ водою, по безъ принадлежностей въ тоннахъ.	Число разви-тыхъ ин-дикатор-ныхъ силъ.	Получен-ная ско-рость хода.	На одну индик. силу приходится																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		мет-рахъ.	фут. дюйм.	мет-рахъ.	фут. дюйм.				Число котловъ.	N Число элемент. въ котлѣ и (число рядовъ трубокъ).	Размѣры котловъ въ футахъ.										P Площадь колосн. рѣшетк. въ квадр. метрахъ.	Q Нагрѣват. поверх-ность.	Отноше-ніе P Q	кв. футъ.				кв. метрѡвъ.	кв. футъ.	кв. метрѡвъ.	кв. футъ.	кв. метрѡвъ.	кв. футъ.	кв. метрѡвъ.	кв. футъ.	кв. метрѡвъ.		кв. футъ.	кв. метрѡвъ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
											Дли-на.	Ши-рина.	Вы-сота.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Водоопрѣснительные аппараты.

Данные для контроля надъ дѣйствіемъ этихъ приборовъ. Стоимость приготовленія на судахъ флота прѣсной воды.

Съ введеніемъ на судахъ флота водотрубныхъ котловъ, требующихъ питанія *«исключительно»* прѣсною водою, вопросъ о наилучшемъ и наиболѣе экономичномъ способѣ приготовленія прѣсной воды является однимъ изъ наиболѣе существенныхъ вопросовъ морской техники. Питаніе котловъ *«исключительно»* прѣсною водою не можетъ быть достигнуто при помощи однихъ только поверхностныхъ холодильниковъ вслѣдствіе существованія бесполезнаго расхода пара, происходящаго отъ продуванія трубъ, сепараторовъ и цилиндровъ, отъ побѣговъ чрезъ неплотныя соединенія и т. д., такъ что несмотря на существованіе поверхностныхъ холодильниковъ приходится поневолѣ прибѣгать къ такъ называемому «добавочному» питанію котловъ.

Относительно количественнаго опредѣленія упомянутаго бесполезнаго расхода пара при прохожденіи его по различнымъ частямъ машины, въ разное время различными изслѣдователями было произведено много опытовъ, результаты которыхъ ясно показали, что расходъ этотъ болѣе значителенъ, чѣмъ это полагали раньше.

Во Франціи допускаютъ, что при самыхъ совершенныхъ машинахъ съ поверхностнымъ охлажденіемъ, бесполезная трата прѣсной воды исчисляется въ 0,12 литра въ 1 часъ на 1 паровую лошадь или 120 литровъ въ 1 часъ на 1000 I. H. P. (Большія пароходныя общества считаютъ, что на ихъ почтовыхъ пароходахъ потери пара могутъ достигать даже до 0,3 литра въ 1 часъ на одну I. H. P.).

Въ Англіи, равно какъ и въ Америкѣ, гдѣ было произведено сравнительно много опытовъ для опредѣленія этихъ потерь, ихъ считаютъ болѣе значительными, а именно для машинъ троекратнаго расширенія отъ 2,5 до 6% отъ полного расхода питательной воды.

Если допустить для этихъ машинъ расходъ воды въ 6,8 литровъ въ 1 часъ на одну индикаторную силу, то для машины въ 1000 I. H. P. бесполезный расходъ пара въ 24 часа будетъ находиться въ предѣлахъ отъ

$$\frac{6,8 \cdot 1000 \cdot 24 \cdot 2,5}{100} = 4080 \text{ литровъ.}$$

$$\text{до } \frac{6,8 \cdot 1000 \cdot 24 \cdot 6}{100} = 9792 \text{ литра.}$$

Если къ этому прибавить, что, кромѣ добавочнаго питанія котловъ, прѣсная вода на суднѣ необходима еще и для повседневныхъ потребностей команды, какъ то для питья, варки пищи, мытья и пр. и, если считать на каждого человѣка въ сутки достаточнымъ 6 килограммовъ прѣсной воды, то такое судно, какъ корабль «Двѣнадцать Апостоловъ», имѣющее машину въ 11509 I. H. P. и команду въ 587 человѣкъ, въ паровыя сутки должно израсходовать на добавочное питаніе котловъ, если считать его въ 5% отъ полного расхода питательной воды

$$\frac{6,8 \cdot 1000 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 11,5}{100} = 93840 \text{ литра.}$$

и на потребности команды

$$587 \cdot 6 = 3522 \text{ литра,}$$

всего 97362 литра или 97,362 тонна прѣсной воды. Въ 30-ти дневное непрерывное паровое плаваніе расходъ прѣсной воды выразится 2920,86 тоннами, что составитъ почти $\frac{1}{3}$ водоизмѣщенія всего судна.

Ясно, что запасаніе такихъ громадныхъ количествъ прѣсной воды на суднѣ безусловно немыслимо и, что необходимы

приборы, благодаря которымъ можно было бы во всякое время опреснять соленую забортную воду въ достаточномъ для удовлетворенія нуждъ корабля количествѣ.

Первымъ рѣшеніемъ вопроса — была установка на судахъ небольшихъ обыкновеннаго устройства вспомогательныхъ котелковъ, специально назначенныхъ для приготовленія прѣсной воды. Котелки эти, обращая соленую воду въ паръ, который затѣмъ отправлялся въ особые вспомогательные холодильники, хотя и удовлетворяли намѣченной цѣли, давая необходимое количество прѣсной воды, но сами быстро изнашивались и приходили въ негодность. Частый ремонтъ ихъ и частая замена износившихся котловъ новыми сдѣлали стоимость изготовленія прѣсной воды слишкомъ дорогою, и это обстоятельство и заставило, главнымъ образомъ, направить изобрѣтателей къ измышленію какихъ либо новыхъ аппаратовъ болѣе прочныхъ, болѣе компактныхъ и болѣе экономичныхъ, чѣмъ какими являлись вспомогательные котелки.

Аппараты такіе не замедлили явиться въ видѣ такъ называемыхъ *кипятильниковъ, испарителей или эвапораторовъ*.

Испарители, въ сущности, тѣже вспомогательные котелки, съ тою только разницею, что они не имѣютъ топки и вода въ нихъ испаряется не теплотою горѣнія топлива, а теплотою пара, отведеннаго въ эти приборы изъ главныхъ судовыхъ котловъ.

Системъ испарителей въ настоящее время существуетъ очень много, но всѣ они, имѣя одинъ и тотъ же принципъ устройства, различаются болѣе или менѣе удачнымъ расположеніемъ своихъ частей, большею или меньшею компактностью и, наконецъ, нѣкоторыми добавочными механизмами.

Какъ ни сходны между собою приборы этого рода, однако ихъ можно классифицировать по группамъ, и именно: 1) по ихъ назначенію, 2) по источнику питанія ихъ паромъ и, наконецъ, 3) по кратности ихъ дѣйствія.

По назначенію ихъ можно раздѣлить на

1) приборы, служащіе для приготовленія прѣсной воды на добавочное питаніе котловъ и

2) приборы, служащіе для приготовленія пищевой воды.

Въ послѣднемъ случаѣ приборы эти состоятъ изъ испарителей и опрѣснителей, образуя такимъ образомъ такъ называемый *комбинированный* или *сложный водоопрѣснительный аппаратъ*. Опрѣснитель представляетъ собою родъ холодильника, снабженнаго всѣми необходимыми приспособленіями для приданія водѣ вкуса, наиболѣе приближающагося къ вкусу натуральныхъ прѣсныхъ водъ.

По источнику питанія ихъ паромъ водоопрѣснительные аппараты дѣлятся на

- 1) питающіеся паромъ непосредственно изъ котла и
- 2) питающіеся паромъ изъ ресиверовъ средняго или высокаго давленія машины тройнаго расширенія.

По кратности своего дѣйствія водоопрѣснительные аппараты бываютъ

- 1) ординарнаго,
- 2) двухкратнаго,
- 3) трехкратнаго и
- 4) многократнаго дѣйствія.

Можно было бы сдѣлать еще подраздѣленіе по способу утилизаціи вторичнаго пара, который можетъ быть отведенъ 1) въ холодильникъ, 2) въ теплый ящикъ, 3) въ ресиверъ цилиндра низкаго давленія, 4) въ нагрѣватель питательной воды и т. п., но это слишкомъ бы усложнило классификацію разсматриваемыхъ аппаратовъ, почему мы и ограничимся сдѣланными нами подраздѣленіями.

Аппараты ординарнаго дѣйствія обыкновенно состоятъ изъ испарителя и опрѣснителя или изъ одного только испарителя.

Аппараты двойнаго, тройнаго и многократнаго дѣйствія состоятъ изъ нѣсколькихъ испарителей, соединенныхъ между собою такимъ образомъ, что каждый изъ нихъ служитъ холодильникомъ для предъидущаго и испарителемъ для послѣдующаго. Послѣдній испаритель соединяется съ опрѣснителемъ

или холодильникомъ. Впервые аппараты многократнаго дѣйствія изобрѣтены были еще во время паруснаго флота Mr. Sochet, который назначалъ ихъ для приготовленія пищевой воды и въ первомъ своемъ видѣ состояли, каждый, изъ шести, соединенныхъ между собою испарителей. Въ настоящее время на судахъ встрѣчаются аппараты ординарнаго, двойнаго, и тройнаго дѣйствія, причемъ производительность послѣднихъ почти вдвое, втрое больше производительности первыхъ.

На страницахъ «Морского Сборника» мы уже имѣли случай привести описаніе нѣсколькихъ видовъ разсматриваемыхъ аппаратовъ, а въ настоящее время мы имѣли въ виду изложить теоретическія основанія дѣйствія испарителей, могущія послужить орудіемъ для критерія при выборѣ способа установки ихъ на суднѣ и для правильнаго контроля надъ ихъ дѣйствіемъ.

Всякій испаритель состоитъ изъ цилиндрическаго или какой либо иной формы резервуара, въ которомъ находится трубчатая система или группа змѣвиковъ, составляющая нагрѣвательную поверхность аппарата. Въ нѣкоторыхъ аппаратахъ паръ вводится внутрь змѣвиковъ, а испаряемая вода находится поверхъ ихъ, а въ другихъ, напротивъ, вода вводится въ трубчатую систему, а паръ выпускается поверхъ ея. Мы для разсмотрѣнія возьмемъ пока первый изъ этихъ видовъ аппаратовъ, въ которомъ паръ вводится внутрь змѣвика или внутрь трубокъ трубчатой системы и гдѣ теплотою его приводится въ кипѣніе вода, занимающая нижнюю половину цилиндрическаго резервуара. Полученный отъ испаренія воды «вторичный» паръ собирается въ верхней части резервуара, а отсюда отводится по назначенію.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія нагрѣвающего пара.

Назовемъ чрезъ W число килограммовъ котельнаго пара при температурѣ t , который охлаждается внутри змѣвика въ теченіи Z часовъ, а чрезъ W' число килограммовъ вторичнаго пара температуры t' , испаренныхъ за это же время изъ забортной воды температуры t_0 . По прошествіи Z часовъ изъ

змѣвика выпускается W килограммовъ сгущеннаго въ воду пара при температурѣ Θ .

Во избѣжаніе образованія большого количества осадковъ, необходимо время отъ времени производить продуваніе аппарата. Опыты произведенные во Франціи надъ кипятильникомъ системы Муррейя (*) показали, что нужно продувать отъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{4}$ части отъ полного количества питательной воды, а произведенные въ Англіи надъ кипятильникомъ Морриссона опредѣлили количество продуванія въ 0,4 отъ полного количества питательной воды.

Въ первомъ случаѣ продуваемое количество воды составитъ 0,33 отъ количества воды, обращаемою въ паръ, а во второмъ 0,66 отъ того же количества. Впрочемъ, количество продуваемой воды много зависитъ отъ солености морей, въ которыхъ приходится находиться судну. Для морей умѣренной солености можно принять первую цифру, а для морей значительной солености послѣднюю.

Обозначимъ количество продуваемой воды на каждый килограммъ вторичнаго пара черезъ ϵ . Тогда въ Z часовъ будетъ продута $W\epsilon$ килограммовъ воды.

Предполагаемъ, что нагрѣвающий, равно какъ и вторичный паръ обладаютъ достаточною сухостью, чтобы въ нашихъ разсужденіяхъ количествомъ въ нихъ влаги можно было бы свободно пренебречь.

Число калорій, отдѣленное нагрѣвающимъ паромъ въ теченіи Z часовъ будетъ равно

$$W (606,5 + 0,305 t - \Theta)$$

	Опрѣсненная вода въ 24 часа.	Продутая вода.	Отношеніе.
*) Испаритель системы Муррейя съ змѣвикомъ на «Jauréguiberry».	4620 литр.	1680 л.	$\frac{1680}{4620} = 0,363.$
Той же системы типъ S. P. B. (Pothuan).	18400 л.	6780 л.	$\frac{6780}{18400} = 0,365$
Той же системы типъ S. F. A. (Fondre).	2120 литровъ.	7840 литровъ.	$\frac{7840}{2120} = 0,371.$

Число калорій, поглощенное водою за это время будетъ

$$W' [606,5 + 0,305 t' - t_0 + \varepsilon (t' - t_0)]$$

Такъ какъ эти величины должны быть равны между собою, если не припимать во вниманіе потерю на лучеиспусканіе, то мы можемъ написать, что

$$\frac{W'}{W} = \frac{606,5 + 0,305 t - \Theta}{606,5 + (0,305 + \varepsilon) t' - (1 + \varepsilon) t_0} = \eta. \dots (1)$$

Величину $\eta = \frac{W'}{W}$ назовемъ *полезнымъ дѣйствіемъ нагрѣвающей пара*.

Величина η , какъ это видно изъ выраженія (1) не зависитъ, ни отъ времени, ни отъ продуктивности прибора и представляетъ собою функцію отъ термическихъ условій дѣйствія аппарата и отъ величины ε . Здѣсь кстати будетъ замѣтить, что величина η , полученная теоретическимъ вычисленіемъ, весьма слабо отклоняется отъ опредѣленной непосредственнымъ опытомъ. Происходитъ это главнымъ образомъ отъ самого способа утилизаціи теплоты въ разсматриваемыхъ аппаратахъ, при которыхъ потери настолько малы, что непринятіе ихъ въ расчетъ мало вліяетъ на вѣрность результата.

Чтобы убѣдиться въ этомъ, приведемъ рядъ примѣровъ, взятыхъ изъ опытовъ, произведенныхъ во Франціи.

На французскомъ суднѣ «Jaureguiberry» испаритель работаетъ при слѣдующихъ условіяхъ:

$$t = 162^\circ, 39; \quad t' = 125^\circ; \quad \Theta = 98^\circ; \quad \varepsilon = 0,363,$$

$$t_0 = 15^\circ; \quad W' = 4620 \text{ л.}; \quad W = 5400 \text{ л.}$$

Величина η , полученная непосредственнымъ опредѣленіемъ величинъ W' и W равняется

$$\eta = \frac{W'}{W} = \frac{4620}{5400} = 0,85.$$

Вычисляя же по формулѣ (1), получимъ

$$\eta = \frac{557}{669} = 0,832.$$

На французскомъ суднѣ «Aventurier» испаритель системы Муррейя типа S. P. I. во время произведенныхъ надъ нимъ испытаній работалъ при условіяхъ

$$t = 162^{\circ},37; \quad t' = 116^{\circ}; \quad \Theta = 100^{\circ}; \quad \varepsilon = 0,585;$$

$$t_0 = 15^{\circ}; \quad W' = 7096 \text{ л.}; \quad W = 8480 \text{ л.}$$

Величина η по наблюденію равна

$$\eta = \frac{7096}{8480} = 0,83.$$

По вычисленію по формулѣ (1)

$$\eta = \frac{555}{686} = 0,809.$$

Во время одного изъ опытовъ надъ кипятильникомъ системы Кузена второго размѣра условія дѣйствія его были:

$$t = 148^{\circ},3; \quad t' = 113^{\circ},8; \quad \Theta = 98^{\circ}; \quad \varepsilon = 0,317;$$

$$t_0 = 15^{\circ}; \quad W = 9096; \quad W' = 12648.$$

По опыту

$$\eta = \frac{9096}{12648} = 0,720.$$

По вычисленію

$$\eta = \frac{553}{657} = 0,840.$$

Въ этомъ случаѣ разница между величинами η , полученными непосредственнымъ опытомъ и вычисленіемъ по формулѣ (1) довольно большая. Объясненіе этому обстоятельству мы дадимъ нѣсколько ниже.

Во время опытовъ, произведенныхъ во Франціи на судахъ «Kabyle», «Orage», «Eclair», «Agile», испаритель системы Муррейя работалъ при слѣдующихъ обстоятельствахъ:

$$t = 162,3; \quad t' = 120^{\circ}; \quad \Theta = 98^{\circ} \quad \varepsilon = 0.$$

$$t_0 = 15^{\circ}; \quad W' = 4279 \text{ л.}; \quad W = 4814 \text{ л.}$$

Величина η опредѣленная по непосредственному измѣренію величинъ W' и W равна

$$\eta = \frac{W'}{W} = \frac{4279}{4814} = 0,88.$$

Вычисленная же по формулѣ (1)

$$\eta = \frac{558}{628} = 0,88.$$

У насъ въ Россіи всесторонніе опыты были произведены надъ испарителемъ системы Круга, весьма распространеннымъ въ нашемъ флотѣ. Во время одного изъ такихъ испытаній, испаритель работалъ при слѣдующихъ обстоятельствахъ:

$$t = 140,5; \quad t' = 115^{\circ}; \quad W = 10,8 \text{ фунтовъ}; \quad \varepsilon = 0;$$

$$t_0 = 6^{\circ}; \quad \Theta = 112; \quad W' = 10 \text{ фунтовъ.}$$

По непосредственному измѣренію величинъ W и W'

$$\eta = \frac{10}{10,8} = 0,91.$$

По вычисленію по формулѣ (1)

$$\eta = \frac{537}{638} = 0,84.$$

Несогласіе между величинами η , полученными путемъ вычисленія и путемъ измѣренія величинъ W и W' , объясняется главнымъ образомъ присутствіемъ большаго или меньшаго

количества влаги, какъ въ нагрѣваемомъ, такъ и во вторичномъ парѣ. Количество влаги нужно уменьшать, какъ для увеличенія продуктивности аппарата, такъ и для того, чтобы въ результатѣ получать дѣйствительно прѣсную воду безъ примѣси соли, попадающей со вторичнымъ паромъ вслѣдствіе слишкомъ энергичнаго кипѣнія воды въ испарителѣ.

Вычисленіе величины η даетъ возможность нѣкотораго контроля надъ обстоятельствами дѣйствія испарителя.

Напримѣръ, въ опытахъ съ кипятильникомъ Круга мы имѣемъ величину η , опредѣленную опытомъ чрезъ измѣреніе величинъ W и W' , значительно бѣльшую по сравненію съ величиною η , вычисленною по формулѣ (1). При увѣренности въ точности наблюденій такое несогласіе можно объяснить присутствіемъ увлеченной воды во вторичномъ парѣ, отчего величина W' , измѣренная ведрами, оказалась бѣльшею, чѣмъ ей надлежало быть.

Въ опытѣ съ кипятильникомъ системы Кузена несогласіе величинъ η , полученныхъ указанными двумя способами, наводитъ на мысль о присутствіи въ нагрѣваемомъ парѣ нѣкотораго количества воды, увлеченной имъ изъ котла, отчего количество теплоты, отдѣленное водѣ испарителя килограммомъ такой смѣси оказалось меньшимъ, чѣмъ это опредѣлено вычисленіемъ.

Вліяніе присутствія увлеченной воды въ нагрѣваемомъ парѣ на величину полезнаго дѣйствія этого пара.

Если бы мы пожелали примѣнить уравненіе (1) для случая, когда на каждый килограммъ нагрѣвающаго пара вносится въ испаритель x килограммовъ воды, мы должны его представить въ такомъ видѣ:

$$\eta = \frac{(606,5 + 0,305 t) (1 - x) + xt - \Theta}{606,5 + 0,305 t' - t_0 + \epsilon (t' - t_0)} \dots (2)$$

Пользуясь этимъ уравненіемъ, можно всегда приблизительно опредѣлить количество увлекаемой съ нагрѣвающимъ паромъ воды. Возьмемъ для примѣра опять опытъ съ испарителемъ Кузена и подставимъ данныя наблюденій этого опыта

въ нашу новую формулу (2), придавъ x -су значенія 0,10 и 0,15. Получимъ соотвѣтственно этимъ значеніямъ x -са:

$$\eta = 0,765$$

и

$$\eta = 0,727.$$

По непосредственному же измѣренію величинъ W и W' η оказалась равною

$$\eta = 0,720,$$

такъ что ближе подходит ко второй вычисленной нами величинѣ при $x = 0,15$.

Отсюда мы можемъ заключить, что количество, увлеченной воды съ каждымъ килограммомъ нагрѣвающаго пара въ опытѣ съ испарителемъ Кузена, равно 0,15 килограммамъ.

Чтобы себѣ яснѣе представить вліяніе количества воды увлеченной съ нагрѣвающимъ паромъ, на величину η , возьмемъ данныя перваго изъ приведенныхъ нами опытовъ на французскомъ суднѣ «Jaureguiberry» и подставимъ ихъ въ формулу (2), придавъ x -су рядъ различныхъ значеній. Получимъ соотвѣтственно

для

$$\begin{array}{cccccc} x = 0 & x = 0,05 & x = 0,10 & x = 0,15 & x = 0,20 \\ \eta = 0,832 & \eta = 0,795 & \eta = 0,758 & \eta = 0,721 & \eta = 0,684 \end{array}$$

Тоже самое сдѣлаемъ по даннымъ испытанія кипятильниковъ на судахъ «Aventurier» и «Agile».

Получимъ для

$$x = 0 \quad x = 0,05 \quad x = 0,10 \quad x = 0,15 \quad x = 0,20$$

На «Aventurier»:

$$\eta = 0,809 \quad \eta = 0,773 \quad \eta = 0,737 \quad \eta = 0,701 \quad \eta = 0,665$$

На «Agile»:

$$\eta = 0,888 \quad \eta = 0,849 \quad \eta = 0,810 \quad \eta = 0,770 \quad \eta = 0,731.$$

По полученнымъ цифрамъ видно, что полезное дѣйствіе нагрѣвающего пара η значительно уменьшается съ увеличеніемъ величины x -са и что присутствіе въ парѣ 20% увлеченной воды уменьшаетъ величину η на 15%.

Нѣтъ сомнѣнія, что заключеніе о количествѣ увлеченной воды въ нагрѣвательную часть испарителя указаннымъ нами способомъ можно дѣлать лишь при условіи точности измѣренія факторовъ, входящихъ въ составъ η . Величины ϵ , W и W' получаютъ непосредственнымъ взвѣшиваніемъ и, при внимательномъ отношеніи къ опыту могутъ быть получены очень точно. Величина t_0 —температура питательной воды, хотя и можетъ мѣняться въ продолженіи опыта, но это обстоятельство въ вычисленіи величины η большой ошибки внести не можетъ. Остаются температуры t и t' , которыя получаютъ по давленіямъ, за которыми слѣдятъ по заранѣе вывѣреннымъ манометрамъ. Неточность въ наблюденіи вслѣдствіе небольшихъ колебаній манометра, также не внесетъ большой ошибки въ вычисленіе, такъ какъ колебанія эти, при болѣе высокихъ давленіяхъ, въ 0,5 кил., а при болѣе низкихъ въ 0,3 кил. соотвѣтствуютъ измѣненію температуры лишь въ 3°, которое можетъ измѣнить величину η не больше какъ на 2%.

Если же принять, что потеря отъ лучеиспусканія, отъ побѣговъ въ соединеніяхъ и т. п. измѣняетъ величину η еще процента на 2, то можно сказать, что всякое отклоненіе свыше 5% величины η , полученной опытомъ отъ полученной вычисленіемъ по формулѣ (1), должно обратить вниманіе механика и должно быть приписано вліянію указанныхъ нами обстоятельствъ.

Опредѣленіе стоимости приготовленія 1 килограмма прѣсной воды.

Стоимость приготовленія 1 килограмма прѣсной воды, какъ мы это увидимъ, много зависитъ отъ установки аппарата или, точнѣе, отъ способа утилизаціи вторичнаго пара.

Небольшое вліяніе оказываетъ также выборъ источника питательной воды, т. е. берется-ли эта вода изъ-за борта или пользуются водою, проциркулировавшею въ холодильникѣ главной машины и, слѣдовательно, уже нѣсколько нагрѣтою.

Если не принять въ расчетъ, какъ мы поступимъ со вторичнымъ паромъ, опредѣленіе стоимости приготовленія прѣсной воды можетъ быть произведено слѣдующимъ образомъ: 1 килограммъ вторичнаго пара обходится затратою $\frac{1}{\eta}$ килограммовъ нагрѣвающего пара, взятаго изъ котла. Если обозначить чрезъ q паропроизводительность 1 килограмма каменнаго угля, которая равна приблизительно для средняго качества сортовъ угля 8,5 килограммамъ, то расходъ топлива для производства 1 килограмма вторичнаго пара выразится чрезъ

$$C = \frac{1}{\eta \cdot q}$$

или, если принять η равнымъ 0,75 и 0,80, получимъ соответственно

$$C = \frac{1}{0,75 \cdot 8,5} = 0,157 \text{ килограммамъ.}$$

$$C = \frac{1}{0,80 \cdot 8,5} = 0,147 \text{ килограммамъ.}$$

Нагрѣвающий паръ въ испарителѣ обращается въ воду температуры Θ и въ этомъ видѣ возвращается въ котелъ, благодаря чему расходъ угля на приготовленіе 1 килограмма прѣсной воды долженъ быть уменьшенъ на величину

$$c = \frac{\frac{1}{\eta} (\Theta - t_0)}{5250},$$

гдѣ 5250 — теплопроизводительность топлива.

Такимъ образомъ, окончательно, расходъ топлива для приготовленія 1 килограмма прѣсной воды выразится такимъ образомъ:

$$C_1 = C - c = \frac{1}{\eta \cdot q} - \frac{1}{\eta \cdot 5250} (\Theta - t_0).$$

Если принять, что 1 килограммъ угля стоитъ n копѣекъ, то искомая стоимость приготовленія 1 тонна прѣсной воды будетъ равна

$$N = 1000 \ n \ C_1 = 1000 \ n \ (C - c).$$

Величину n въ настоящее время можно принять равную 1,26 копѣекъ.

Теперь укажемъ на возможность различнаго расположенія приборовъ относительно питанія ихъ паромъ и относительно способа утилизаціи вторичнаго пара.

Случай I. Испаритель служитъ для приготовленія пищевой воды. Нагревающий паръ берется изъ котла, а вторичный паръ отводится въ опрѣснитель. Пусть испаритель работаетъ при слѣдующихъ обстоятельствахъ:

$$t = 143^\circ; \Theta = 104^\circ$$

$$t' = 107^\circ; \varepsilon \text{ примемъ равнымъ } 0,35$$

$$\text{и } t_0 = 15^\circ$$

Конденсаціонную воду нагревающего пара отведемъ въ теплый ящикъ.

Въ рассматриваемомъ случаѣ

$$\eta = \frac{650 - 104}{606,5 + 0,305 (107 - 15) + 0,35 (107 - 15)} = 0,83$$

$$C = \frac{1}{0,83 \cdot 8,5} = 0,141$$

$$c = \frac{(104 - 15)}{0,83 \cdot 5250} = 0,020$$

$$C_1 = C - c = 0,141 - 0,020 = 0,121.$$

$$N = 1000 \cdot 1,26 \cdot 0,121 = 152,46 \text{ копѣекъ или}$$

$$N = 1 \text{ р. } 52\frac{1}{2} \text{ копѣйки.}$$

Случай II-ой. Испаритель служитъ для пригото-
вленія прѣсной воды, идущей на добавочное питаніе котловъ. Нагрѣ-
вающий паръ берется изъ котла, а вторичный паръ отпра-
вляется въ холодильникъ.

Въ этомъ случаѣ испаритель устанавливается въ машин-
номъ отдѣленіи, почему питаніе его водою можетъ быть про-
изведено изъ отливныхъ трубъ циркуляціонныхъ помпъ при
температурѣ $t_0 = 35^\circ$.

Испареніе въ кипяильникѣ происходитъ подѣ давленіемъ
холодильника, которое примемъ равнымъ 0,502 кил. на кв.
сантиметръ и, слѣдовательно, t' будетъ равно 81° по Цель-
зію.

$$\eta = \frac{650 - 78}{606,5 + 0,305 \cdot 81 - 35 + 0,35 (81 - 35)} = 0,88.$$

$$C = \frac{1}{8,5 \cdot 0,88} = 0,133,$$

$$c = \frac{(78 - 50)}{0,88 \cdot 5250} = 0,006,$$

$$C_1 = 0,133 - 0,006 = 0,127,$$

$$N = 1000 \cdot 0,127 \cdot 1,26 = 160,02 \text{ копѣекъ}$$

или

$$N = 1 \text{ р. } 60 \text{ копѣекъ.}$$

Случай III-й. Испаритель служитъ для пригото-
вленія прѣсной воды на добавочное питаніе котловъ. Нагрѣвающий
паръ берется изъ котла. Вторичный паръ отправляется въ
нагрѣватель питательной воды, идѣ перемѣшивается съ пита-
тельной водою, идущей въ котелъ.

$$\eta = \frac{650 - 104}{606,5 + 0,305 \cdot 107 - 35 + 0,35 (107 - 35)} =$$

$$\eta = \frac{546}{629} = 0,87,$$

$$\frac{1}{\eta} = 1,14,$$

$$C = \frac{1,14}{8,5} = 0,134,$$

$$c = \frac{(104 - 50) 1,14}{5250} = 0,0116.$$

Вторичный паръ направляется въ нагреватель питательной воды, гдѣ повысить температуру и на каждый килограммъ прѣсной воды осуществится экономія въ расходѣ топлива равная

$$c_1 = \frac{629 - 50}{5250} = \frac{579}{5250} = 0,11 \text{ кил.}$$

Такимъ образомъ

$$C_1 = C - (c + c_1) = 0,134 - (0,0116 + 0,11)$$

$$\text{или } C_1 = 0,012 \text{ кил. угля.}$$

$$N = 1000 \quad C_1 \quad n = 1000. \quad 0,012 \cdot 1,26 = 15 \text{ копѣекъ.}$$

Изъ сравненія полученныхъ цифръ видно, что наиболѣе экономичный изъ рассмотрѣнныхъ случаевъ есть послѣдній.

Случай IV. Испаритель служитъ для приготоленія прѣсной воды на добавочное питаніе котловъ. — Нагрѣвающий паръ идетъ изъ котла. Питаніе кипятыльника въ этомъ случаѣ обыкновенно производится водою проциркулировавшею въ холодильникъ главной машины;

η по формулѣ (1) будетъ равна

$$\eta = \frac{650 - 104}{606,5 + 0,305 \cdot 107 - 35 + 0,35 (107 - 35)} = 0,87.$$

$$\frac{1}{\eta} = 1,15, \text{ а } C = \frac{1,15}{8,5} = 0,135.$$

Конденсационная вода отъ охлажденія нагрѣвающего пара направляется въ теплый ящикъ и, слѣдовательно,

$$c = \frac{(104 - 50) 1,15}{5250} = 0,0118.$$

До этого момента 1 килограммъ вторичнаго пара обходится затратою

$$C - c = 0,135 - 0,0118 = 0,12 \text{ кил. угля.}$$

Вторичный паръ направляется въ резервуаръ цилиндра средняго давленія и тамъ произведетъ работу, равную

$$\frac{1}{6,8.3} = \frac{1}{20} \text{ паровой лошади.}$$

(Будемъ считать, что расходъ пара на одну I. Н. Р. въ 1 часъ = 6,8 литровъ и что работа въ цилиндрахъ машины распределена поровну).

На каждую же I. Н. Р. расходъ угля въ 1 часъ принимается для машинъ тройнаго расширенія равнымъ 0,8 килогр., слѣдовательно, выигрышъ въ расходѣ топлива отъ работы вторичнаго пара въ цилиндръ средняго давленія выразится чрезъ

$$c_{11} = \frac{0,8}{20} = 0,040 \text{ килограммъ.}$$

Слѣдовательно

$$C_1 = C - (c + c_{11}) = 0,12 - 0,040 = 0,08.$$

$$N = n.80 = 1,26.80 = 1 \text{ р. } 08 \text{ коп.}$$

Случай V. Разсмотримъ теперь случай очень часто встрѣчающійся при современныхъ машинахъ, а именно, когда нагрѣваемый паръ берется изъ ресивера цилиндра средняго давленія, а вторичный паръ отправляется въ резервуаръ цилиндра низкаго давленія. Предположимъ, что изъ котла въ машину идетъ W килограммовъ пара.

Если мы обозначимъ чрезъ α коэффициентъ потери пара во время прохожденія его отъ котла къ холодильнику, то на добавочное питаніе должно пойти αW килограммовъ прѣсной воды, для производства которыхъ понадобится отдѣлить изъ ресивера цилиндра средняго давленія $\frac{\alpha W}{\eta}$ килограммовъ нагрѣвающего пара.

Такимъ образомъ въ цилиндръ высокаго давленія войдетъ W кил., въ цилиндръ средняго давленія $W - \frac{\alpha W}{\eta}$ и, наконецъ, въ цилиндръ низкаго давленія $(W - \frac{\alpha W}{\eta} + \alpha W)$ килограммовъ.

Если обозначить чрезъ K —число $I. H. P.$, производимыхъ въ машинѣ 1 кил. пара, то работа, развиваемая W килограммами пара въ машинѣ будетъ равна

$$T = \left(W + W - \frac{\alpha W}{\eta} + W - \frac{\alpha W}{\eta} + \alpha W \right) \frac{K}{3} =$$

$$T = \left(3W - \frac{2\alpha W}{\eta} + \alpha W \right) \frac{K}{3} = \frac{KW}{3} \left(3 - \frac{2\alpha}{\eta} + \alpha \right) =$$

$$KW \left(1 - \frac{2\alpha}{3\eta} + \frac{\alpha}{3} \right)$$

Потеря въ работѣ отъ отдѣленія изъ ресивера цилиндра средняго давленія $\frac{\alpha W}{\eta}$ килограммовъ пара будетъ равна разности

$$KW - KW \left(1 - \frac{2\alpha}{3\eta} + \frac{\alpha}{3} \right) \text{ или}$$

$$KW \left(\frac{2}{3} \frac{\alpha}{\eta} - \frac{\alpha}{3} \right).$$

Итакъ потеря въ работѣ $= KW \left(\frac{2}{3} \frac{\alpha}{\eta} - \frac{\alpha}{3} \right)$ паровыхъ лошадей.

Если считать, что на $I. H. P.$ расходуется 0,8 килограммовъ угля, то означенная потеря выразится расходомъ въ

$$0,8 \cdot KW \left(\frac{2}{3} \frac{\alpha}{\eta} - \frac{\alpha}{3} \right) \text{ килограммовъ угля}$$

$$\text{или } 0,8 K \alpha W \left(\frac{2}{3} \frac{1}{\eta} - \frac{1}{3} \right).$$

При машинѣ въ 5000 $I. H. P.$, если считать расходъ воды на каждую $I. H. P.$ въ 6,8 килограммовъ, полный расходъ выразится въ 34000 килограммовъ. Принявъ, что для возмѣ-

щенія потерь пара нужно $2,4\%$ отъ полного расхода получимъ

$$\alpha W = 820 \text{ килограммъ, а } \frac{\alpha W}{\eta} = \frac{820}{0,82} = 1000 \text{ кил.}$$

Такимъ образомъ 820 килогр. пара, отдѣленныхъ изъ ре-сивера цилиндра средняго давленія, обойдутся затратою

$$0,8. K. 820 \left(\frac{2}{3} \frac{1}{0,82} - \frac{1}{3} \right) \text{ кил.}$$

К можно принять равнымъ $\frac{1}{6,8}$ и

тогда

$$\frac{0,8.820}{6,8.3} \left(\frac{2}{0,82} - 1 \right) = 46 \text{ кил. угля.}$$

Теперь посмотримъ, какую пользу намъ принесетъ утили-зація теплоты конденсаціонной воды, полученной отъ охлаж-денія нагрѣвающаго пара.

Если мы отправимъ его въ теплый ящикъ, гдѣ темпера-туру можно считать въ 45° , то 1000 килограммовъ его при-несетъ выгоду равную

$$\frac{1000 (110^\circ - 45)}{5250} = 12 \text{ кил.}$$

(Температуру нагрѣв. пара можно считать въ 110°)

$$\text{Слѣд. } C_1 = 46 - 12 = 34 \text{ кил.}$$

Итакъ 820 кил. обходятся затратою 34 кил. угля, а 1000 кил. или 1 тоннъ обойдется затратою 41 килограмма угля.

$$N = n. 41 = 1,26.41 = 51\frac{1}{2} \text{ копѣекъ.}$$

Г. Піо-Ульскій.

О внутреннемъ треніи и смазкѣ.

Возможное уменьшеніе тренія во всякомъ механизмѣ весьма желательно. Уменьшеніе же внутренняго тренія въ паровыхъ машинахъ, во первыхъ способствовало бы увеличенію экономіи паровыхъ машинъ съ насыщеннымъ паромъ, а, во вторыхъ, дало бы возможность употреблять сухой, или перегрѣтый паръ, пользованіе которымъ устраняетъ вредъ начальной конденсаціи пара. Всѣ попытки ввести сухой паръ до сихъ поръ не увѣнчались успѣхомъ главнымъ образомъ, вслѣдствіе сильнаго истиранія внутреннихъ поверхностей цилиндровъ, поршней, золотниковъ и штоковъ (*). Разсмотримъ причины, вліяющія на внутреннее треніе.

Хорошо извѣстно, что гладкость работы больше зависитъ отъ природы трущихся матеріаловъ, чѣмъ отъ природы смазки. Слѣдовательно, родъ металла поршня и рабочей части цилиндра имѣетъ первенствующее вліяніе на внутреннее треніе.

Однако ничего опредѣленнаго въ этомъ отношеніи не установлено. Каждый инженеръ дѣлаетъ внутреннія части изъ металловъ по своему усмотрѣнію. Англійскій инженеръ Нюфе предлагаетъ, напримѣръ, рабочую часть цилиндра дѣлать изъ стали, а набивочныя кольца поршней—изъ чугуна извѣстнаго состава. Другіе инженеры отливаютъ цилиндры изъ чугуна, а набивочныя кольца поршней дѣлаютъ изъ прессованной литой стали Витворта, другіе,—напримѣръ, Нормантъ, изъ бронзы Парсона и т. д.

*) Затрудненія для введенія перегрѣтаго пара оказались также и въ конструкціи перегрѣвателя, который долженъ быть безопаснымъ и пригоднымъ для измѣняющихся требованій машины.

Послѣ природы матеріала, на внутреннее треніе оказываетъ большое вліяніе самая отдѣлка скользящихъ поверхностей. Практика показала, что необходимо снимать и закруглять всѣ острия кромки у поршней, золотниковъ и набивочныхъ колецъ, при чемъ всегда имѣемая слабина допускаетъ такое строганіе металла. Когда снимали острую кромку, то прекращалось бывшее до того сильное задираніе поверхности цилиндровъ, издававшее непріятный звукъ на все машинное отдѣленіе. Это было констатировано и на миноносцѣ № 120 («Пакерортъ»), гдѣ мы велѣли снимать всѣ острия кромки у трущихся поверхностей, не исключая и кромокъ ползуновъ вспомогательныхъ механизмовъ. Такая отдѣлка поверхностей, въ особенности, необходима при маломъ употребленіи внутренней смазки.

Послѣ матеріала и отдѣлки трущихся поверхностей, нужно обратить вниманіе на степень нажатія пружинъ набивочныхъ колецъ. По этому предмету, также какъ и относительно матеріала трущихся поверхностей до сихъ поръ не выработано сколько нибудь опредѣленного взгляда.

Вышеупомянутый инженеръ Ноузе считаетъ нажатіе въ 3 фунт. на 1 квадрат. дюймъ набивочнаго кольца достаточнымъ, чтобы сдѣлать его практически непроницаемымъ. Другой англійскій инженеръ Дунсан говоритъ, что онъ вывелъ изъ опыта, что даже $\frac{1}{2}$ фунт. на 1 квадрат. дюймъ не представляется необходимымъ, и что онъ находитъ совершенно достаточнымъ $\frac{1}{3}$ фунта на 1 квадрат. дюймъ. Но, кажется, трудно имѣть по этому вопросу опредѣленное рѣшеніе, т. е. нѣтъ возможности опредѣлить это давленіе во время работы машины.

Кромѣ всего сказаннаго, на внутреннее треніе въ машинахъ можетъ оказывать вліяніе и накипь, уносимая изъ котла вслѣдствіе вскипанія.

Теперь перейдемъ къ смазкѣ. На величину внутреннего тренія въ паровыхъ машинахъ оказываетъ вліяніе жидкое тѣло, находящееся между трущимися тѣлами.

Вода, какъ показали многіе опыты, не можетъ служить смазкой для уменьшенія тренія между трущимися металли-

ческими поверхностями. Известный профессор Ранкинъ показалъ, что вода между металлическими частями увеличиваетъ, а не уменьшаетъ треніе. Инженеръ James Napier (Глазго) нашелъ, что когда онъ, вмѣсто масла, для смазки вала колеснаго парохода сталъ употреблять воду, то машина давала на 3—4 оборота въ минуту меньше, чѣмъ при смазкѣ масломъ. При этомъ онъ замѣтилъ, что изнашивание трущихся поверхностей сдѣлалось значительно большимъ.

Это показываетъ, что чрезвычайное изнашивание, замѣченное въ ц. в. д. при пользованіи не насыщеннымъ, а перегрѣтымъ паромъ, можно приписать образованію большого количества тепла между трущимися поверхностями, происходящему не вслѣдствіе отсутствія между ними смазывающей влаги, а вслѣдствіе плохой теплопроводности перегрѣтаго пара, сравнительно съ насыщеннымъ паромъ.

Для уменьшенія внутренняго тренія машинъ, работающих паромъ высокаго давленія не могутъ служить, ни растительныя, ни животныя масла, такъ какъ отъ теплоты пара высокаго давленія эти масла выделяютъ кислоты, разъѣдающія трущіеся части. Болѣе стойкой смазкой въ этомъ случаѣ могутъ быть несодержащія кислотъ минеральныя масла, добываемыя изъ нефти при температурѣ перегонки значительно болѣе, чѣмъ температура рабочаго пара.

Чтобы меньше впускать масла въ машины и чтобы оно дольше держалось на трущихся поверхностяхъ, необходимо употреблять масла, которыхъ испаримость наименьшая. Ввиду этого Archbutt, химикъ Midland'ской желѣзной дороги (въ Англіи), предложилъ пробовать цилиндровыя масла не на температуру воспламененія, а на степень испаряемости ихъ при температурѣ въ 185° Ц. При такомъ испытаніи, масло должно терять въ вѣсѣ менѣе 1%. При изслѣдованіи, бывшемъ въ Англіи, испробовали 6 образцовъ цилиндроваго масла и оказалось, что они потеряли въ вѣсѣ %:

0,02; 0,03; 1,12; 0,41; 0,69 и 1%.

Нужно стремиться употреблять масла, во первыхъ, — не слишкомъ вязкія, такъ какъ вязкость увеличиваетъ треніе, во

вторыхъ, дающія меньшее количество осадковъ въ цилиндрахъ, холодильникахъ и котлахъ. Для внутренней смазки, говоритъ химикъ Archbutt, нужно употреблять масла, профильтрованныя чрезъ животный уголь, которымъ удаляется природная смола. Профильтрованныя такимъ образомъ масла послѣ сгорания оставляютъ лишь слѣды кокса. Тогда какъ масла, непрофильтрованныя чрезъ животный уголь, даютъ кокса отъ 2½ до 4%.

Минеральное масло считаютъ причиной течи трубокъ, порчи котловъ и увеличенія расхода топлива. Поэтому въ послѣднее время стали стремиться совсѣмъ избавиться отъ внутренней смазки. И въ настоящее время уже многіе пароходы ходятъ безъ внутренней смазки, впуская масло только передъ остановкой машины, чтобы защитить внутреннія поверхности отъ ржавленія, которое можетъ быть значительнымъ, что было подтверждено и у насъ на миноносцѣ № 120, гдѣ въ лѣвую машину совершенно не впускали масла. Невпусканіе масла, даже передъ застопориваніемъ машины, можетъ оказаться неудобнымъ еще и потому, что при остановкѣ машины влага, находящаяся между трущимися поверхностями, можетъ испариться и при даваніи вновь хода машинамъ, металл можетъ задраться и судно придется буксировать.

Изъ машины масло съ питательной водой идетъ въ котель. Если въ котель его попадаетъ немного, то нагревательная поверхность котла покрывается черной или бурой мучнистой пылью, которая трудно отмывается отъ рукъ, и которая, очевидно, есть смѣсь масла и ржавчины. При большомъ же допускѣ въ котлы масла, вся внутренняя поверхность становится маслянистой, что, какъ извѣстно, сильно уменьшаетъ теплопроводность стѣнокъ нагревательной поверхности. Не слѣдуетъ забывать, что на загрязненіе питательной воды масломъ оказываетъ вліяніе не только внутренняя смазка, но и смазка сальниковъ штоковъ поршней и золотниковъ. Одно это масло, какъ показали случаи съ новыми пароходами, можетъ служить причиной порчи котловъ.

Причинами уменьшенія паропроизводительности нагревательной поверхности служатъ:

1. Масло дѣлаетъ нагрѣвательную поверхность гладкой, что, какъ показали опыты, препятствуетъ отходу паровыхъ пузырьковъ отъ нагрѣвательной поверхности, и, напротивъ,— шероховатая поверхность способствуетъ этому отходу пузырьковъ. Вообще замѣчено, что пузырьки пара отдѣляются только съ выступовъ, какъ бы малы эти выступы не были. Замедленный же отходъ пузырьковъ пара съ нагрѣвательной поверхности препятствуетъ, образуя паровую подушку, дальнѣйшему парообразованію.

2. Второй причиной явленія служить малая теплопроводность самаго масла.

Не лишнее отмѣтить здѣсь слѣдующее непонятное явленіе. Котлы, которые хорошо покрыты накипью, могутъ допустить значительно большее количество масла, чѣмъ котлы, гдѣ накипи нѣтъ (Engineering, 1896 г., Май 22).

Ввиду невозможности, какъ мы сказали, совсѣмъ освободить машину отъ внутренней смазки, необходимо принять мѣры для устраненія попаданія масла изъ машинъ въ котлы. Для достиженія этой цѣли, въ настоящее время на приѣмныхъ и отливныхъ трубахъ машинныхъ питательныхъ помпъ ставятъ весьма различнаго устройства фильтры, которые должны отнимать отъ питательной воды все масло, содержащееся въ ней. Фильтрующимъ веществомъ служатъ: древесные опилки, губки, турецкое полотно, фланель, бумажная матерія и ткань изъ кокосовыхъ фибръ. Послѣдняя нѣкоторыми считается лучшимъ матеріаломъ для этихъ фильтровъ. Такъ какъ фильтры подвергаются высокой температурѣ, то фланель замѣняется теперь полотномъ и кокосовой фиброй.

При помѣщеніи фильтра на приѣмной трубѣ машинной помпы, нужно заботиться о томъ, чтобы засореніе фильтра было какъ можно меньше, и дабы сопротивленіе его было возможно малымъ. Поэтому такіе фильтры, или необходимо часто чистить, или давать имъ большую поверхность. Клапана же помпъ, имѣющихъ фильтръ на приѣмной трубѣ, будутъ всегда чище клапановъ помпъ, у которыхъ фильтръ на отливной трубѣ.

Засореніе фильтровъ, установленныхъ на отливной трубѣ можно допустить значительно бѣльшимъ, чѣмъ у фильтровъ, стоящихъ на приѣмныхъ трубахъ. Фильтры, поставленные на отливныхъ трубахъ снабжаются теперь предохранительными клапанами, нажатыми, обыкновенно, на 30 фунтовъ больше котельнаго давленія. Они имѣютъ колокольчикъ, который своимъ звономъ даетъ знать о необходимости очистки фильтра. Въ настоящее время большинство фильтровъ строится такъ, чтобы ихъ не требовалось разбирать для очистки. Чистка ихъ производится обратнымъ токомъ, или пара, или воды, которые выгоняютъ изъ фильтра грязь за бортъ.

Опытъ показалъ, что фильтры не могутъ задержать все масло, находящееся въ питательной водѣ. Происходитъ это, вѣроятно, главнымъ образомъ, оттого, что часть масла въ водѣ растворяется и это растворенное масло никакой фильтръ не можетъ удержать. Котлы, защищенные кипятильниками и фильтрами, оказывались совершенно черными внутри, не смотря на то, что они были окрашены внутри бѣлилами. Одной смазки штоковъ машинъ оказывается достаточнымъ, чтобы питательная вода, даже пройдя фильтръ, была маслянистой.

Итакъ, фильтры не могутъ задерживать все масло. Лучшимъ фильтромъ служитъ само масло, которое собирается въ фильтрѣ, т. е., другими словами, грязный фильтръ работаетъ лучше *), пока, конечно, сопротивленіе его не сдѣлается слишкомъ большимъ, въ противномъ случаѣ или фильтръ прорвется, или масло будетъ выжиматься и увлекаться питательной водой въ котель. Это явленіе намъ напоминаетъ результаты опытовъ, произведенныхъ въ Берлинѣ надъ городскими фильтрами **), когда оказалось, что песокъ, который употреблялся нѣсколько лѣтъ для фильтраціи, фильтровалъ гораздо лучше, чѣмъ свѣжій песокъ.

Однако, забота о *полномъ* недопущеніи въ котлы масла имѣетъ и слабую сторону. Отсутствіе масла въ котлахъ сильно

*) Engineering, 1896 г., Май 22.

**) Engineer, 1896 г., Іюль.

способствует разбѣданію, которое трудно предупредить даже употребленіемъ большого количества цинка (Engineering, 1896 г., Май 22). Разбѣданіе сильно уменьшается, если котель покрытъ тонкимъ слоемъ масла.

Такъ какъ фильтры не могутъ задерживать все масло, то необходимо производить въ котлѣ отъ времени до времени чистку. Сода не можетъ служить дѣйствительнымъ средствомъ для чистки котловъ отъ масла, такъ какъ она не растворяетъ углеводороды минеральныхъ маселъ. Вѣрнымъ же и испытаннымъ средствомъ для этой цѣли признанъ въ послѣднее время керосинъ, дериватъ той же нефти, что и минеральное масло. Для очистки котла отъ масла, въ него впускаютъ керосину (около 2% отъ количества воды въ котлѣ) и затѣмъ медленно напускаютъ или накачиваютъ воду, чтобы керосинъ, находясь на поверхности воды, имѣлъ достаточно времени хорошо впитаться въ маслянистый слой, покрывающій внутреннюю поверхность котла. Когда вода напущена, то содержимое котла кипятятъ въ продолженіи 5 — 6 часовъ. Масло, отставшее отъ нагревательной поверхности котла, всплываетъ вверхъ въ видѣ пѣны. Слѣдовательно, для удаленія этой грязи необходимо имѣть верхнее продуваніе, приспособленія для котораго, къ сожалѣнію, у нѣкоторыхъ котловъ не имѣется, наприм. у котловъ миноносцевъ Перновъ, Пакерортъ, Полангенъ и друг. Пользованіе же однимъ нижнимъ продуваніемъ недостаточно, ибо часть этой пѣны во время нижняго продуванія садится на нагревательную поверхность, съ которой удалить ее иногда весьма трудно, какъ напр. въ водотрубныхъ котлахъ съ двухколѣнными водогрѣйными трубками.

На основаніи вышеизложеннаго мы считаемъ, что совершенно безъ внутренней смазки обойтись нельзя, и что для чистки котловъ слѣдуетъ употреблять керосинъ, который необходимо ввести въ положеніе о машинныхъ расходныхъ матеріалахъ.

К. Моркинъ.

