12. Труды Ив. Авг. Тиме по паровымъ котламъ.

Паровые котлы.

Курсъ, читанный заслуженнымъ профессоромъ Иваномъ Августовичемъ Тиме въ Горномъ Институтѣ.

Введеніе.

Авторъ сравниваетъ гидравлическіе двигатели съ паровыми. Всѣ преимущества на сторонѣ послѣднихъ. Гидравлическіе двигатели требуютъ особаго характера мѣстности, климатическихъ условій; затѣмъ работа ихъ непостоянна по времени года и т. д. Паровые же двигатели, наоборотъ, могутъ быть устанавливаемы всюду; климатическія условія для нихъ роли не играютъ; работа ихъ постоянна; но вмѣстѣ съ этими основными положеніями паровыя машины имѣютъ и важный недостатокъ, а именно возможность взрыва парового котла.

Затѣмъ авторъ дѣлаетъ весьма интересный выводъ, а именно, что расходъ воды на 1 пар. лош. въ 50.000 разъ болѣе, нежели угля въ паровой машинѣ. Авторъ говоритъ: „если бы пожелали гидравлическую силу даннаго водопада высотою въ 10 т. частями транспортировать моремъ въ громадныхъ бакахъ, то предположивъ толщину рабочаго слоя въ 0,33 т., потребовалось бы для производства работы въ 1 п. л. перевести количество воды въ $30 \times 50.000 = 1.500.000$ разъ болѣе нежели для той же цѣли угля для паровой машины“!

Если перевести работу всѣхъ существующихъ на земномъ шарѣ паровыхъ машинъ, заставивъ ихъ работать круглыя сутки на мускульную работу людей, то машины замѣнятъ трудъ не менѣе какъ одного милліарда людей! (Этотъ выводъ заимствовалъ проф. Деппъ въ его курсѣ Технол. Ин—та).

Предположеніе автора о томъ (курсъ изданъ въ 1886 г.), что въ будущемъ передача гидравлической силы на дальнія разстоянія при помощи динамо-машинъ и проводовъ, уже теперь начинаютъ оправдываться, а именно существуетъ рядъ установокъ турбинъ, альтернаторовъ для тока очень высокаго напряженія и воздушные голые провода, передающіе энергію на десятки и сотни верстъ.

Авторъ высказываетъ ту мысль, что уголь, питающій паровыя машины и вода для двигателей есть солнечная теплота; но разница та, что запасы угля, образованные въ эпоху строенія земли истощимы, а гидравлическая сила будетъ существовать, пока свѣтитъ солнце и земля движется по своему пути.

Далѣе авторъ предостерегаетъ отъ увлеченія дешевизной гидравлической силы, которая требуетъ отчужденій, дорогихъ плотинъ, водопроводовъ и пр. (Цифры приведены въ „Основахъ машиностроенія“ Томъ II § 8).

Курсъ.

Печь парового котла (топка).

Авторъ подраздѣляетъ топки на 3 класса: 1) свѣжее горючее располагается на поверхности горящаго топлива, 2) свѣжее горючее постепенно замѣщаетъ раскаленный сгорѣвшій уголь и 3) свѣжее топливо располагается подъ раскаленнымъ углемъ, на рѣшеткѣ.

Первыя двѣ системы пользуются наибольшимъ распространеніемъ. Что касается третьей, то примѣненіе ея весьма ограничено. И дѣствительно, топки этого рода (топка Дюмера) теперь уже оставлены.

Въ настоящее время въ видѣ дополненія можно отнести топки пароструйчатые.

Далѣе идетъ описаніе топокъ, уходъ за ними, условія погрузки и пр. Очень интересна ссылка автора на опыты Marozeau, которые доказали, что частыя загрузки небольшими порціями значительно выгоднѣе въ смыслѣ паропроизводительности рѣдкихъ загрузокъ большими порціями. Экономія въ топливѣ получается въ 20%. (Эта ссылка повторена во многихъ послѣдующихъ изданіяхъ по котламъ другихъ авторовъ). Такіе же опыты были произведены въ Бельгіи, Франціи, въ Швейцаріи. Результаты получились тѣ же.

Разобраны детально газовыя топки впервые такъ хорошо и подробно объясненные въ русской технической литературѣ. Приведены данныя для проектированія; въ атласѣ имѣются чертежи. Эти нѣсколько страницъ имѣютъ большое значеніе и по сейчасъ.

Далѣе слѣдуетъ описаніе устройствъ пользованія жаромъ металлургическихъ печей, также впервые появившіяся въ русской литературѣ. Данными, указанными авторомъ пользуются и по сейчасъ, въ особенности по отношенію газовъ доменныхъ печей. Въ такихъ большихъ и солидныхъ курсахъ какъ напримѣръ проф. Гавриленко даже не имѣется указаній на способъ утилизаціи доменныхъ газовъ для котловъ. Хотя чертежи и описанія устройствъ улавливанія доменныхъ газовъ имѣются въ сочиненіяхъ по металлургіи напримѣръ Iordan'a, Percy и др., но Иванъ Августовичъ ввелъ эту часть въ свой курсъ, чѣмъ значительно облегчилъ и упростилъ трудъ учащихся. Этими данными при проектированіи студенты и инженеры пользуются и по настоящее время.

Сожиганіе нефти.

Авторъ, располагая данными по отопленію нефтью (нефтяными остатками) судовъ Черноморской эскадры дѣлаетъ интересные выводы. Слѣдуетъ подраздѣленіе топокъ и описаніе ихъ, между прочимъ топки Войслава, къ сожалѣнія не получившей распространенія.

Въ Горномъ журналѣ имѣется описаніе безшумной форсунки Тентелева, сдѣланной впервые. Опредѣленіе размѣровъ топокъ паровыхъ котловъ.

Количество воздуха, доставляемое въ топку въ 1 секунду, площадь щелей, или площадь живого сѣченія, полная площадь колосниковой рѣшетки, количество топлива, сжигаемое въ 1 времени на одной квадратной единицѣ площади рѣшетки и пр.; вообще излагается частью разсчетный, частью практическій путь опредѣленія размѣровъ топокъ и входящихъ въ нее частей. Большое значеніе имѣетъ таблица съ цифрами разстоянія по вертикальному направленію стѣнки котла отъ рѣшетки и толщины слоя топлива.

Слѣдуетъ описаніе антрацитовыхъ топокъ, колосниковъ, дверецъ. Далѣе идетъ описаніе и цифровыя данныя относительно дымоходовъ, ихъ сѣченіе, скорость движенія газовъ, печная кладка и теорія дымовыхъ трубъ.

Теорія изложена весьма полно и обстоятельно. Авторъ беретъ за исходную точку скорость истеченія, опредѣляемую по упрощенной формулѣ Бернулли, вводитъ плотности наружнаго воздуха и газовъ, замѣняетъ отношеніе жидкостей отношеніемъ объемовъ и получаетъ весьма простую формулу для скорости истеченія. Далѣе, имѣя скорость истеченія и площадь сѣченія трубы, опредѣляется объемъ, а слѣдовательно и вѣсъ газовъ также въ видѣ простой, несложной формулы. Слѣдуетъ разборъ полученныхъ выводовъ, изъ которыхъ видно, что для полученія тѣхъ-же результатовъ можно или увеличить сѣченіе трубы въ 2 раза, или повысить ее при томъ же сѣченіи въ 4 раза. Но въ первомъ случаѣ трубу будетъ задувать и образуются встрѣчныя движенія. Поэтому предпочитаютъ увеличивать высоту. Далѣе идетъ выводъ о наибольшей силѣ тяги, которая достигается при температурѣ газовъ въ трубѣ въ 300°, но авторъ предостерегаетъ отъ излишняго увлеченія, ибо чѣмъ температура газовъ ниже, тѣмъ больше экономія. Авторъ дѣлаетъ подсчетъ и приводитъ таблицу, изъ которой видно, что maximum силы тяги имѣетъ мѣсто при температурѣ 250—300°, что при температурѣ 75° и 1000° сила тяги одинакова и наконецъ (что самое важное) сила тяги при 150° всего на 4, 3% менѣе нежели при 250 и 300°.

Далѣе авторъ вводитъ поправку для теоретическихъ выводовъ на вредныя сопротивленія и опредѣляетъ размѣры дымовыхъ трубъ вычисленіемъ. Вся теорія дымовыхъ трубъ изложена Иваномъ Ав-

густовичемъ со свойственной ему простотой и ясностью и безусловно стоитъ выше весьма часто цитируемой въ настоящее время теоріи Рейхе, въ особенности въ той ея части, гдѣ опредѣляется діаметръ на основаніи не фактическихъ собственно данныхъ, а на основаніи предположенія, что дымъ вылетаетъ изъ трубы въ видѣ шаровъ. Правда дымъ имѣетъ видъ какъ бы вдавленныхъ другъ въ друга шаровъ, образующихъ нѣчто въ родѣ цѣпи, но не представляетъ отдѣльныхъ шаровъ или клубовъ.

Слѣдуютъ практическія правила для опредѣленія размѣровъ дымовыхъ трубъ, предѣлы скорости истеченія (практическіе), управленіе силой тяги, выраженіе тяги высотою водянаго манометра (что въ настоящихъ курсахъ обыкновенно выпускается, вѣроятно въ предположеніи, что эта величина должна быть извѣстна изъ курсовъ физики, а между тѣмъ учащіеся нерѣдко затрудняются отвѣтить на вопросъ—въ какихъ единицахъ выражается сила тяги. Приведенный авторомъ параграфъ указываетъ лишній разъ на полноту изложенія), вліяніе вѣтра на тягу дымовыхъ трубъ, второстепенныя средства для уменьшенія вреднаго вліянія вѣтра на силу тяги, вліяніе матеріала, устройства дымовыхъ трубъ, устойчивость трубъ, устройство фундамента подъ дымовую трубу, возведеніе кирпичныхъ трубъ, желѣзныя трубы, нисходящія дымовыя трубы, вентиляторы.

Среди этого матеріала выдѣляется разсчетъ свайнаго фундамента. Приведемъ примѣръ устройства свайныхъ фундаментовъ подъ двѣ дымовыхъ трубы на Монетномъ Дворѣ, произведенныя по вычисленіямъ и подъ наблюденіемъ автора; Проф. Предтеченскій приводитъ въ своемъ курсѣ выводы И. А. Тиме.

Затѣмъ слѣдуютъ выводы относительно тяги струею пара въ локомотивахъ и практическія данныя по этому вопросу.

Паровые котлы.

Авторъ указываетъ, что при данномъ объемѣ испарительность парового котла пропорціональна отношенію нагрѣвательной поверхности къ объему или обратно пропорціональна діаметру. Поэтому длинные цилиндрическіе котлы малаго діаметра вообще лучше, нежели короткіе котлы большого діаметра. Этимъ и объясняется распространеніе котловъ съ кипятильниками и подогрѣвателями.

Далѣе слѣдуетъ описаніе котловъ: 1) простые цилиндрическіе котлы, 2) вертикальные цилиндрическіе котлы, 3) котлы съ кипятильниками и нагрѣвателями, 4) кипятильники системы Фильда. Авторъ опредѣляетъ скорость циркуляціи въ зависимости отъ плотностей воды и эмульсіи, 5) котлы водотрубные, или какъ они названы трубчатые котлы съ внутреннимъ давленіемъ. Приведены котлы Бельвилля и Ливбона. Котелъ Бельвилля описанъ болѣе подробно, такъ какъ былъ установленъ на Монетномъ Дворѣ вѣроятно подъ наблюденіемъ Ивана Августовича. Имѣется много цѣнныхъ указаній. Не надо забывать, что котлы водотрубные во время изданія курса представляли еще до извѣстной степени новость. Къ этому примѣрно времени относится установка перваго котла Бельвилля на катерѣ В. Кн. Алексѣя. Затѣмъ уже котлы Бельвилля получили широкое распространеніе въ особенности во флотѣ. И по сейчасъ морскіе инженеръ-механики ведутъ споры о достоинствахъ котловъ Бельвилля по сравненіи напримѣръ съ котлами Нормана. Иванъ Августовичъ еще въ то время указалъ на существенный недостатокъ этихъ котловъ, а именно ихъ влажность, достигающую 20 — 30%. 6) Котлы Корнуэльскіе и трубки Голлоде и съ концентрически расположенной внутренней трубой. Котлы съ 2 жаровыми трубами, 7) Трубчатые котлы. Приводятся размѣры двухъ трубчатыхъ котловъ, построенныхъ по его чертежамъ и испытанныхъ заводомъ Нобель; установлены котлы на Монетномъ Дворѣ; 8) Трубчатые котлы съ выдвижною топкою, локомобильные котлы, локомотивные котлы, пароходные котлы, мореходные котлы, вертикальные трубчатые котлы.

Далѣе идетъ теоретическая часть. Теорія Редтенбахера и поверхность нагрѣва, испарительность на единицу вѣса топлива, коэфиціентъ полезнаго дѣйствія, испарительность въ различныхъ частяхъ нагрѣвательной поверхности. Здѣсь Иванъ Августовичъ дѣлаетъ прекрасный и самостоятельный выводъ о томъ, что испарительность послѣдовательныхъ частей пароваго котла равной длины уменьшается въ геометрической прогрессіи, коей знаменатель $e^{\frac{\kappa \cdot p^1}{\kappa_1 P c}}$, гдѣ p^1—периметръ стѣнокъ нагрѣв. поверх. котла, κ—средній коэфиціентъ теплопроводности κ_1 — коэфиціентъ передачи, P—вѣсъ, c теплоемкость газовъ, e—основаніе lg; этотъ выводъ вполнѣ тождественъ съ выводомъ, сдѣланнымъ P Havrez. Но если принять по Верперу (и Ранкину) передачу тепла прямо пропорціональной квадрату разности температуръ, то выводы получатся конечно нѣсколько другіе. Но и самъ Иванъ Августовичъ говоритъ, что вопросъ этотъ спорный.

Общее выраженіе поверхности нагрѣва, принимая во вниманіе вліяніе лучистой теплоты. Логарифмическая формула.

Приложеніе теоріи паровыхъ котловъ къ локомотивамъ.

Нагрѣвательная поверхность паровыхъ котловъ на 1 п. л.

Практическія правила для опредѣленія нагрѣвательной поверхности котла.

Отношеніе объема котла къ объему парового цилиндра.

Толщина стѣнокъ, подверженныхъ внутреннему и внѣшнему давленію.

Употребленіе мѣди.

Дымогарныя трубки, испытанія матеріаловъ.

Приборы къ паровымъ котламъ.

Насосы, питательные клапаны, инжекторы. Изложена теорія инжектора Жиффара. Устройство инфектора. Двойные инфекторы Кертинга. Здѣсь дано прекрасное объясненіе дѣйствія двойного инжектора. Далѣе Иванъ Августовичъ дѣлаетъ свои вычисленія относительно размѣровъ инжекторовъ, беря въ основаніе формулу скорости истеченія. Затѣмъ, переводя на діаметръ мунштука и потребленіе котломъ воды, авторъ получаетъ таблицу соотношеній между силою машины и діаметромъ инжектора, а также и количествомъ доставляемой воды. Эти вычисленія вполнѣ согласуются съ данными Thiemann'a.

Далѣе слѣдуетъ описаніе арматуры.

Потери упругости пара отъ тренія въ паропроводѣ.

Потери количества пара отъ конденсаціи.

Толщина стѣнокъ трубъ.

Удлиненіе паропровода.

Взрывъ паровыхъ котловъ. Иванъ Августовичъ дѣлаетъ весьма интересный выводъ. Онъ беретъ вѣсъ стѣнокъ котла въ разорванной части, вычисляетъ количество тепла, переводитъ его на паръ (вѣсъ), упругость этого пара въ зависимости отъ отношенія къ общему вѣсу пара въ котлѣ и, такъ какъ напряженіе въ заклепочныхъ швахъ равна $^1/_6$ абсолютнаго сопротивленія матеріала стѣнокъ, а при буро красномъ каленіи $^1/_{12}$, то при количествѣ пара, соотвѣтствующемъ по теплу разорванной стѣнкѣ въ 2 раза большемъ, чѣмъ вѣсъ всего пара, котелъ будетъ взорванъ.

Среди другихъ причинъ взрыва паровыхъ котловъ имѣетъ мѣсто и перегрѣтое состояніе воды. Здѣсь имѣется также наглядный и простой примѣръ. Приравнивая тепло перегрѣтой воды къ количеству пара и беря зависимость между давленіемъ и объемомъ получается, что при объемѣ воды, равномъ половинѣ объема котла, давленіе съ 4 атмосферъ можетъ возрасти до 40.

Побочныя причины взрывовъ котловъ.

Осмотръ паровыхъ котловъ.

Предосторожности противъ накипи.

Правила ухода и присмотра за паровыми котлами.

Затѣмъ слѣдуетъ прибавленіе: Опредѣленія влажности пара: физическія и химическія, горючіе матеріалы и ихъ сожиганіе, объемъ и вѣсъ газовъ, получаемыхъ при сожиганіи, температура ихъ, составъ горючихъ матеріаловъ, встрѣчаемыхъ въ Россіи, стоимость топлива, таблицы главныхъ размѣровъ котловъ разныхъ системъ и пр.

Изъ приведеннаго краткаго очерка все же видно, насколько полно и обстоятельно составлена книга по паровымъ котламъ. Здѣсь не пропущено ничего, что имѣло бы къ нимъ отношеніе. Несмотря на сравнительно небольшой размѣръ книги (371 стр. и 26 листовъ чертежей атласа) въ ней имѣется такое множество практическихъ точно и просто объясненныхъ указаній, что она и по сейчасъ можетъ служить украшеніемъ любой технической библіотеки. Затѣмъ въ курсѣ имѣется множество выводовъ, самостоятельно сдѣланныхъ авторомъ, а потому и особенно цѣнныхъ.

Иванъ Августовичъ Тиме вмѣстѣ съ необыкновенной добротой и доброжелательностью соединяетъ и довѣріе къ людямъ. Я не помню случая, чтобы когда либо Иванъ Августовичъ усумнился въ подлинности проекта или расчета, или бы подумалъ, что студентъ списалъ на доскѣ свой отвѣтъ съ заготовленнаго конспекта. Будучи самъ благороднымъ, онъ и въ другихъ видитъ только хорошее, искренно незамѣчая отрицательныхъ сторонъ. Если Ивану Августовичу разскажутъ, что такой то поступилъ дурно, онъ сначала какъ бы не повѣритъ, затѣмъ подумаетъ и скажетъ:

— Удивительно! Такой прекрасный былъ молодой человѣкъ!

Едва ли кто когда-нибудь видѣлъ Ивана Августовича разсерженнымъ. Даже въ случаѣ, когда его ассистенты не могли сидѣть на мѣстахъ отъ волненія, слушая нелѣпые отвѣты, Иванъ Августовичъ оставался неизмѣнно спокоенъ и говорилъ тѣмъ же ровнымъ тихимъ голосомъ, хотя быть можетъ и у него начиналось раздраженіе. Самообладаніе, соединное съ огромной силой воли—вотъ еще черта характера Ивана Августовича. Я помню случай, когда студентъ на выпускномъ экзаменѣ, стоя у доски, вдругъ поблѣднѣлъ, схватился сначала за доску, а затѣмъ упалъ. Студенты (а ихъ было человѣкъ 30) и я бросились къ нему, поднялась суматоха, но Иванъ Августовичъ продолжалъ также наружно спокойно сидѣть, какъ будто ничего не случилось. Когда студента (онъ оказалось страдалъ вообще

припадками, а тутъ еще переутомился, не спалъ ночь) перетащили въ пустую аудиторію, стали обливать чуть не изъ ведеръ водой, я послалъ сторожа за докторомъ и вернулся къ экзаменаціонному столу, Иванъ Августовичъ также продолжалъ спрашивать студентовъ и только наклонившись ко мнѣ слегка дрогнувшимъ голосомъ спросилъ:

Скажите, ему легче и что съ нимъ?

Работоспособность Ивана Августовича извѣстна всѣмъ, а потому объ этомъ нечего и говорить. Но что поражаетъ въ такомъ сравнительно преклоннаго возраста человѣкѣ—это необыкновенное терпѣніе.

Случалось, что экзаменовались человѣкъ 30 студентовъ, экзаменъ продолжался съ 9 утра до 3 или 4 дня. Ассистенты успѣвали разъ по 10 сходить покурить, пройтись, а Иванъ Августовичъ какъ сѣлъ, такъ и не вставалъ и все время внимательно слушалъ ответы, только потирая ладонями колѣна. И при этомъ никакихъ внѣшнихъ признаковъ усталости, хотя невозможно допустить, чтобы не чувствовалось утомленія, но настолько велико самообладаніе у этого замѣчательнаго человѣка.

Деликатность Ивана Августовича вошла чуть ли не въ пословицу. Никто и никогда не слыхалъ отъ него нетолько рѣзкаго слова, но даже и легкой насмѣшки. Извѣстенъ случай, когда всякій другой на мѣстѣ Ивана Августовича, если даже не разсердился бы, то просто захотѣлъ бы вышутить студента. Этотъ случай произошелъ съ проектомъ горнозаводской механики. Одинъ товарищъ помогалъ другому тѣмъ, что обводилъ тушью чертежи, сдѣланные въ карандашѣ. Такъ какъ было поздно и ему наскучило сидѣть одному, то онъ написалъ на одномъ изъ чертежей: „убирайся къ чорту! Доканчивай самъ“ и пошелъ домой. Авторъ проекта въ твердой увѣренности, что онъ вполнѣ законченъ, свернулъ чертежи въ трубку, завернулъ въ бумагу и отнесъ къ Ивану Августовичу.

На экзаменѣ Иванъ Августовичъ, указывая на надпись, спокойно спрашиваетъ растерявшагося студента:

— Скажите пожалуйста, почему Вы меня посылаете къ чорту? И затѣмъ, почему Вы обращаетесь ко мнѣ на ты?

При оцѣнкѣ проектовъ на выпускныхъ экзаменахъ Иванъ Августовичъ неизмѣнно проситъ сначала ассистентовъ разсмотрѣть чертежи и указать ошибки, а затѣмъ уже самъ начинаетъ спрашивать студентовъ. Послѣ оцѣнки проекта также неизмѣнно Иванъ Августовичъ протягиваетъ листъ ассистентамъ и говоритъ:

— Пожалуйста, не смотрите на мой баллъ. Вы поставьте, сколько считаете нужнымъ, нисколько не стѣсняясь, очень прошу Васъ.

На одномъ изъ экзаменовъ я усмотрѣлъ ошибку тамъ, гдѣ ее вовсе не было и поставилъ карандашемъ андреевскій крестъ. Студентъ естественно вознегодовалъ, ибо на бѣду оказался знающимъ. Иванъ Августовичъ быстро замялъ непріятный для меня разговоръ, перейдя къ другимъ чертежамъ и только послѣ двухъ слѣдующихъ ответовъ, наклонившись, тихо сказалъ:

— А знаете, ошиблись Вы, а не студентъ. Но это ничего. Мы всѣ ошибаемся.

Деликатность Ивана Августовича выражается даже въ такихъ мелочахъ какъ напримѣръ помѣтки ошибокъ на чертежахъ. Онъ никогда не перечеркиваетъ, не ставитъ вершковыхъ крестовъ,—нѣтъ, у него крестики очень маленькіе, другой разъ даже плохо замѣтные—это для того, чтобы не портить чертежъ и не обидѣть студента, которому можетъ быть и больно видѣть, какъ его трудъ испещряется толстыми чертами и казавшійся ему столь красивымъ чертежъ вдругъ превращается въ развалины.

Провѣрка проектныхъ записокъ для Ивана Августовича дѣло особо важное. Онъ нетолько отъ слова до слова прочтетъ рукопись, сдѣлаетъ поправки и указанія, но даже поставитъ запятыя и исправитъ орфографію. Я помню, какъ Иванъ Августовичъ въ одной запискѣ четвертаго курса по паровымъ машинамъ вездѣ исправилъ „циллиндръ“ съ двумя *л* на „цилиндръ“ съ однимъ *л*, а это слово повторялось не менѣе 60—100 разъ.

Каковъ трудъ Ивана Августовича по провѣркѣ проектныхъ записокъ можно судить потому, что бываютъ записки по 20 и болѣе листовъ. Для одного такого проекта нужно затратить цѣлый вечеръ.

Иванъ Августовичъ среди студентовъ пользуется даже не популярностью (это слово мало выражаетъ въ данномъ случаѣ), но они имъ гордятся, его глубоко уважаютъ и охотно и дружно работаютъ.

Р. Р. Тонковъ.