

621.6

П-32

Проф. В. Н. ПІНЕГІН

СМОКИ Й СМОКОВІ УСТАВИ

1702

ІНСТИТУТ
ІНЖЕНЕРІВ
І АРХІТЕКТІВ
УРСР

da

110

ДЕРЖАВНЕ ТЕХНІЧНЕ ВИДАВНИЦТВО

1702

Проф. В. Н. ПІНЕГІН

У 621.6
п-32

СМОКИ Й СМОКОВІ УСТАВИ

Державний науково-методологічний комітет Наркомосвіти УСРР по секції професійної освіти дозволив до вжитку як підручник по ВТШ

Гідрометалургічний
Інститут в Києві

Handwritten signature or initials in blue ink.

Провірено
1930



О ДЕРЖАВНЕ ВИДАВНИЦТВО УКРАЇНИ

ХАРКІВ

1930

ОДЕСА

Handwritten checkmark.

Бібліографічний опис цього видання вміщено
в „Літопису Українського Друку“, „Картковому
репертуарі“ та інших повільних Української
Книжкової Палати

УКРПОЛІГРАФОБ'ЄДНАННЯ

П'ята державна друкарня
імени В. І. Леніна. Одеса.
Пушкінська вул., д. № 18.
1930. XI.

Укрголовліт № 887.

Замова. № 3572.

Тираж 4000 прим.

28 арк. (ОСТ. 364 Б 5)

ПЕРЕДНЄ СЛОВО

Підручник цей, пропонований до уваги інженерам, студентам ВТШ і взагалі особам, що цікавляться машинами для пересмокування течив, розроблювано кілька років, протягом яких я читав лекції про смоки на Механічному факультеті Томського (тепер Сибірського) Технологічного Інституту, а останніми роками на Енергетичному та Суднобудівельному факультетах Одеського Політехнічного Інституту, керуючи також проектуванням і лабораторною працею щодо цих машин. Ще 1913 року я випустив був на правах рукопису літографоване видання лекцій про смоки як підручну книгу для своїх слухачів; ці лекції містили виключно загальну теорію смоків.

Не зважаючи на низку хиб у цьому виданні, які виявилися в процесі дальшого викладу цієї дисципліни, видання все ж привернуло до себе увагу багатьох інженерів, що працювали й тепер працюють на практиці, і до мене ввесь час надходили й надходять прохання й пропозиції випустити нове видання підручної книги про смоки з розширеним по змозі змістом.

Та, на жаль, брак вільного часу, з одного боку, і трудність взагалі складати підручника про смоки, як з огляду на різноманітність типів смоків, так через те, що й досі мало розроблено ще точну теорію, з другого боку,—не дали мені змоги випустити таке видання, тим паче, що просто перевидати перше літографоване видання не було рації, бо ж вимагало воно ґрунтовного перероблення цілих відділів, і зважаючи на нові досягнення в цій галузі техніки, і через зміну моїх власних поглядів на цілу низку питань. Якщо я й наважився тепер випустити у світ цю книгу, то все ж роблю це не з спокійною душею, бо сам бачу в ній чимало прогалин. Але ж, зважаючи на брак у нашій технічній літературі загальних підручників про смоки, гадаю, що ця книжка не буде цілком некорисна.

Програма книги набагато розширена супроти літографованого видання, поперше, у бік викладу метод конструювання смоків і, подруге, у бік викладу основних принципів злагоди смокових устав. Зроблено це з метою дати особам, що цікавляться конструюванням смоків та смокових устав, підручну книгу, що захоплює і цей бік смокобудування.

При цьому я не претендую, певна річ, на вичерпну повність викладу всіх зачеплених питань, мета моя далеко простіша—подати в цій книзі основні лише теорії й конструювання смоків та провідні вказівки щодо

злагодження смокових устав, не спускаючи, по змозі, з уваги підчас розв'язування тих чи тих поставлених завдань і наукові угрунтування.

Осіб, що детальніше ознайомитись бажають з котримсь із питань, я завжди відсилаю до відповідних монографій або взагалі до солідніших праць у відповідній галузі.

В якій мірі пощастило мені виконати зазначену мету, нехай судять читачі.

Наперед висловлюю подяку за повідомлення й вказівки на будь-які хиби в книзі, що завжди можуть трапитися через недогляд або з якихось інших причин.

Щиро дякую всім тим чужоземним фірмам, що будують смоки, за те, що постачали мені відповідний матеріал, а надто фірмам: Brünn-Königsfelder Maschinenfabrik (Königsfeld bei Brünn), Weise & Monski (Halle a. S), Weise Söhne (Halle a. S), Odesse (Oschersleben), Maffei-Schwartzkopf-Werke (Berlin), Borsig (Berlin), Gebrüder Sulzer (Ludwigshafen a. Rh.), Worthington (New-York), Escher-Wyss (Ravensburg), Jäger & Cie (Leipzig), Franco Tosi (Milano).

В. Н. Пінегін

Одеса, 10/VI-1930 р.

ВСТУП

§ 1. Загальні поняття про піднесення та пересмокування течива й про машини, що служать для цього

Як у повсякденному звичайному житті людности, так і в промисловості раз-у-раз постає потреба підносити й водночас перемішувати в поземому напрямі, пересмоковувати різноманітні течива з джерела, резервуару, посудини, водойми, що містяться нижче, до резервуару, посудини, водойми, що лежать вище. Річ певна, що на це піднесення чи пересмокування потрібна витрата певної кількості енергії від якогось джерела або виробника цієї енергії. Залежно від кількості підношуваного течива та висоти піднесення його, а також, як побачимо далі, і від довжини переміщення, — кількість витрачуваної при цьому енергії буде не однакою. Називаючи, приміром, висоту піднесення течива через H (на m), кількість підношуваного течива через Q (на $m^3/сек$), вагу одиниці обсягу (m^3) течива через δ , ми, очевидно, величину витрачуваної на піднесення течива енергії можемо визначити виразом:

$$E = \delta QH \text{ (на кгм), або } N_k = \frac{\delta QH}{75} \text{ сил мех. коня.} \quad [1]$$

Кількість енергії, визначеної таким робом, виражатиме корисну енергію, ц. т. енергію, що потрібна лише для піднесення або пересмокування зазначеної кількості течива на дану висоту; але треба ще взяти до уваги всякі опори, що завсіди бувають за таких піднесень і сполучених з ними переміщувань течива. Опори ці можуть бути різні, і залежать вони від способів підносити та перемішувати течиво.

Таких основних способів, що гостро різняться один від одного, є два: в одному способі енергія, що прикладається до піднесення та переміщення течив, перетворюється на тиск течива, який і змушує їх підноситись на ту чи ту висоту; в другому ж способі зовнішня енергія безпосередньо застосовується до піднесення й переміщення течив без попереднього переходу на тиск течив.

В обох випадках, звісно, для піднесення або пересмокування течив служать всілякі машини, складніші за першого способу й простіші за другого. Машини першого роду мають назву с м о к і в, машини другого роду

звуться просто водо-чи взагалі течивно-черпальними машинами. Машини першого роду змушують течиво саме переміщуватися, отже, протікати певними трубопроводами, посудинами тощо; машини другого роду безпосередньо сами переміщують течиво. Тим що машини першого роду для піднесення течив створюють в останніх тиски (напори), то ці тиски мають бути досить великі не тільки для того, щоб підносити течива на певну висоту (H), але й для утворення швидкостей течив та перемоги сполучених із протіканням течив гідравлічних опорів, ц. т. для створення додаткових напорів (H_w). У машинах другого роду, очевидно, конечність певної частини отих додаткових напорів відпадає. Як у машинах першого роду, так і другого, звісно, є механічні опори, і на перемогу їх теж потрібна витрата деякої кількості енергії, що некорисна по суті для піднесення течива.

Крім того, майже у всіх машинах, хоч би як вони старанно були зроблені, бувають втрати самого транспортованого течива, і це позначається на видатності машин, на їхньому, так званому, обсяговому сучиннику видатности, а це, і собі, збільшує некорисну витрату енергії.

Коли взяти, отже, до уваги, всі такого роду збільшення витрати потрібної енергії підчас піднесення та пересмоковування течив, то дійсно потрібна потужність машини визначиться співвідношенням:

$$N_d = \frac{\delta Q H}{75 \eta}, \quad [2]$$

де η — повний сучинник видатности машини; сучинник оцей, залежно від типу, старанности її виготовлення та умовин роботи, змінюється в границях 0,2—0,9. Не трудно також бачити, що цей повний сучинник видатности складається з 3-х сучинників видатности: η_z — гідравлічного сучинника видатности, що залежить від втрат у напорі в наслідок гідравлічних опорів підчас піднесення або пересмоковування течива; η_o — обсягового сучинника видатности, що залежить від втрати у підношуваному чи пересмоковуваному течиві, і, нарешті, η_m — механічного сучинника видатности, що залежить від втрати в енергії на перемогу тертя в частинах машини, опору повітря й т. ін. Отже, повний сучинник видатности можна віддати у вигляді:

$$\eta = \eta_z \cdot \eta_o \cdot \eta_m. \quad [3]$$

Розглядаючи далі окремі типи машин, матимемо нагоду докладно ознайомитись із значенням цих сучинників у різних машинах, а також із тими чинниками, що спричиняються до більшання або меншання цих сучинників видатности.

§ 2. Стисла класифікація машин для піднесення та пересмокування течив

Вище вже ми бачили, що машини підносити течива можна, передусім, підподілити на дві основні класи:

1. Течивно-черпальні машини.
2. Смоки.

Відмінність цих машин, як ми вже зазначали були, в тім, що в перших піднесення течив відбувається безпосередньо органами машин, без утворення в течивах тиску, в других зовнішня енергія перетворюється спершу на тиск, коштом якого й відбувається вже подальше переміщення течив.

Кожна із зазначених клас течивно-підіймальних машин може, і собі, бути підподілена на низку підклас. Приміром, насамперед, як першу класу машин, так і другу, можна підподілити на машини:

- А) з переривним нерівномірним подаванням течив,
- В) з непереривним, рівномірним подаванням течив.

У машинах першої підкласи переривне або періодичне подавання течив постає від занурювання в течиво чи безпосередньо руками або якимись іншими механічними пристроями спеціальних черпаків, що підіймаються потім разом із зачерпненим течивом і виливають останнє у приймальні посуду, резервуари й т. ін.

У машинах першої класи, але з непереривним подаванням течив оцей непереривності досягають тим, що органи машини без перерви захоплюють течиво й рухаючись пересувають його.

У машинах другої класи, загалом беручи численнішої, переривного подавання течив досягають:

- а) прямолінійно-зворотним рухом або особливого органу машини, так званого толока, пурнача (толокові смоки), або стовпа води ж (смоки Нипрнгеу, тарани);
- б) зворотно-круговим рухом органу (толока) машини (крильчасті смоки).

У машинах тієї ж класи, але в тих, що подають течиво непереривно, цієї непереривності досягається:

а) швидким обертанням органу машини, що захоплює в обертанні течиво, через що в останньому розвивається відосередкова сила, яка перетворюється потім на тиск (відосередкові смоки);

б) швидким обертанням одного або кількох органів (толоків) машини, що захоплюють течиво й переносять його з одного внутрішнього простору машини в другий, надаючи, водночас, йому тиску (коловорітні, ротативні смоки);

с) застосуванням, як робочого органу, води, пари або повітря, що, будши впущені в машину під великим тиском, тягнуть за собою за певних умов течиво, на піднесення якого і призначено машину (водоструминні смоки, інжектори, елеватори, мамут смоки й т. ін.).

Окремі типи машин, що мають підносити й пересмоковувати течива, можна, далі, клясифікувати: залежно від їхнього службового призначення (наприклад, смоки для будівельних робіт, смоки пожежні, смоки артезійські, смоки шахтові й т. ін.); залежно від висоти піднесення течив (напр., низьконапірні, високонапірні тощо); залежно од видатности (напр., смоки з великим подаванням); залежно від роду пересмоковуваного течива (напр., нафтові, олійові й т. ін.); залежно від швидкості руху або обертання (напр., тихорушні, швидкорушні й т. ін.); залежно від роду застосовуваної для руху машини сили (як от: ручні, трансмісійні, турбосмоки, парові смоки, електросмоки й т. ін.); при цьому в кожній клясі, ба навіть у підклясі, можуть бути ще свої осібні клясифікації.

РОЗДІЛ I

МАШИНИ ТЕЧИВНО-ЧЕРПАЛЬНІ

§ 1. Мащини течивно-черпальні з переривним подаванням

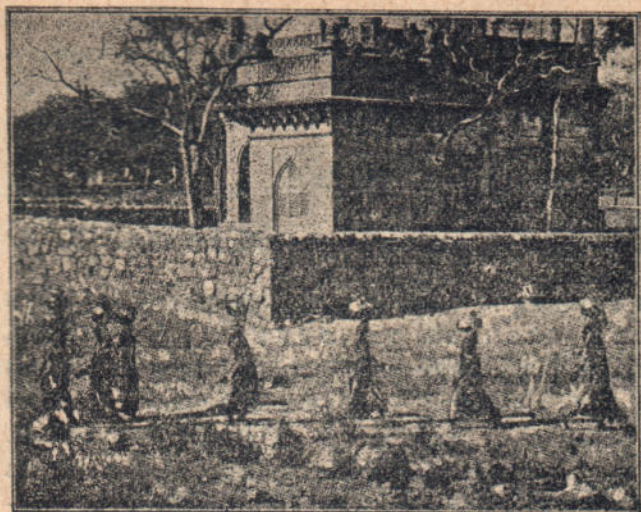
До найпростіших машин течивно-черпальних з переривним подаванням можна залічити звичайні відра, глечики та черпаки, ц.т. посудини, зроблені з дерева, шкіри, глини, заліза, при чім перші (відра, глечики) роблять звичайно з ручками, щоб підіймати їх разом із течивом, а другі (черпаки) для тої ж мети роблять з більш-менш довгими держакками. Місткість відра становила у нас у Союзі 12,3 л (вага води 30 фунтів); за пересічного піднесення на 1,5 аршина $\approx 1,07$ м і за 15 піднесень на хвилину корисна робота становила приблизно 3,3 *кгм/сек.* Тим що середній робітник може за довгочасної роботи вільно розвивати силу в 10 *кг*, то виходить, що пересічний сучинник видатности розглядуваного пристрою для піднесення течив був би $\frac{3,3}{10} = 0,33$. На ділі ж сучинник видатности цього пристрою буде, звісно, далеко менший, хоча б уже через те, що разом з водою доводиться підносити саме відро, а вага його вже не така й мала, як рівняти до ваги води, щоб можна було не зважати на неї. Крім того, завжди особа, що підносить відро з течивом, піднесе його дещо вище, ніж потрібно, та ще й частина води при піднесенні розіллється, тому дійсний сучинник видатности даної простої машини слід вважати не більш як 0,2 або навіть іще менш. Тимчасом і тепер по багатьох країнах, а також і в нашому Союзі користування з такого роду посудин для піднесення та переміщування течива навіть на чималу далечінь досить поширене.

На фіг. 1 показано, напр., як в Індії жінки носять додому воду з колодязів у глиняних глечиках¹⁾. Там таки для обводнювання нив та городів користуються з пристроєм²⁾ — глиняної посудини (фіг. 2), в дні якої до отвору прикріплено шкіряного мішка так, що другий край його закріплений коло отвору, що йде до зводнювального каналу або труби. Коли підносять (звичайно тварина) таку посудину з зачерпнутою водою, остання мішком переливається в канал або трубу.

1) Water Works Engineering. 1928, стор. 238.

2) Water Works Engineering. 1928, стор. 98.

Не мають особливих переваг щодо сучинника видатності й черпаки, що дають, правда, змогу переміщувати течиво на більшу відстань у поземному напрямку та на більшу висоту підносити, але потребують вони



Фіг. 1.

Зображений на фіг. 5 пристрій, так званий журавель, в якому так само вагу відра врівноважено противагою, вже може бути застосований для більших піднесень течива. Його часто вживають навіть і тепер у сільсько-господарській практиці для витягання води з колодязів.

Якщо припустити, що всі частини цього пристрою врівноважені, то гідравлічний сучинник видатності, очевидно, виражатиметься у відношенні

$$\eta_s = \frac{H}{H + H_b + H_H},$$

де H —висота дійсного піднесення течива, H_b —зайве піднесення відра проти нормального рівня течива в приймальному резервуарі, лоткові та ін., а H_H —зайве занурення відра в колодязі проти рівня води в ньому; таким робом, цей сучинник стає то більший, що більше H , бо H_b та H_H лиша-

довшого часу на кожне переливання. Сучинник видатності дещо більшає, коли черпака почепити так, як показано на доданій фіг. 3, бо тоді власна вага черпака може бути зрівноважена вагою держална. До цього ж типу можна залічити черпальні пристрої, що зображені на фіг. 4 і що являють собою дерев'яну скриньку, підперту в центрі тягара.

Останні два пристрої можуть бути застосовані, звісно, тільки за невеликих піднесень течива.



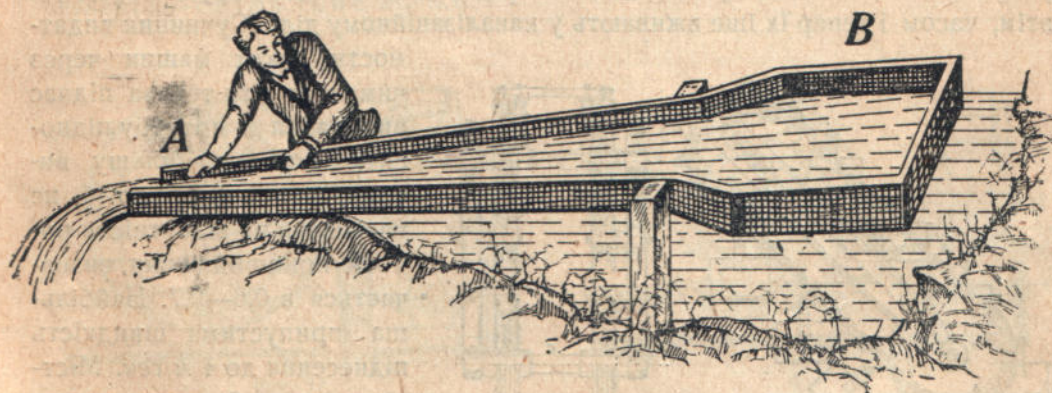
Фіг. 2.

ються, очевидно, майже сталими величинами. Повний сучинник, певна річ, буде залежати ще від тертя на осях обертання коромисла від втрати води підчас піднесення через розпліскування та від витрати роботи на прискорення, потрібного на те, щоб швидкість відра з водою довести до якоїсь максимальної, при чім ця остання має бути тою середньою найвигіднішою, яку беруть підчас обчислення ¹⁾). Роботу цю можна підрахувати, взявши суму мас відра, води, почепленої штанги чи ланцюга, коромисла й противаги (дві останні треба брати зведені), і помноживши її на половину квадрата максимальної швидкості, при чім, звісно, ця робота буде більша підчас піднесення, ніж за спускання. Все ж вважають, що повний сучинник розглядуваної підйоми можна лічити пересічно за дорівнюваний 0,6—0,7. Вживають його для піднесення на висоту 4—6 м і більш, за місткості відра щось 40 л.



Фіг. 3.

З простих водотяжних машин з переривним подаванням зазначмо, далі, машини з норіями, зображеними в примітивнішій конструкції на

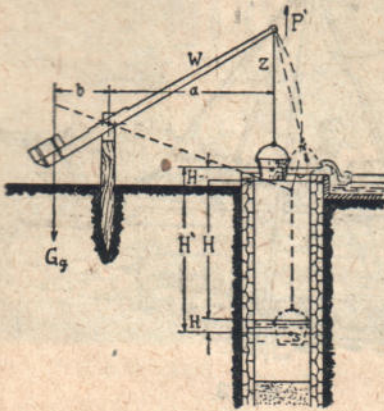


Фіг. 4.

фіг. 6 і 7 і—досконалішої конструкції—на фіг. 8 а, б. Згідно з цими рисунками на безконечній лінві або двох безконечних ланцюгах, перекинутих через коліщатка або триби, укріплені якоїнебудь форми корці; коліщата

¹⁾ За даними Hütte, 21 видання, стор. 2, людина може найлегше, тягнучи за ланцюг, розвивати зусилля в 30 кг за швидкості 0,4 м/сек та 8-годинної денної праці.

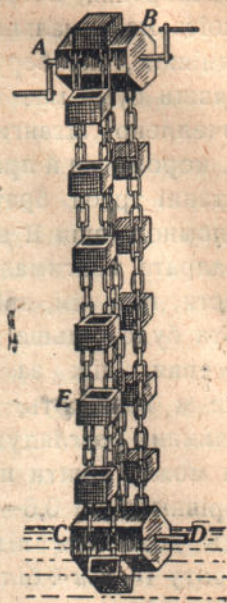
або триби, що одному з них надається обертання або руками або якою-небудь машиною, можуть бути поставлені або один над одним точно по вертикалі, або дещо зсунуті. За зазначеного обертання звичайно верхнього коліщати або триба корці зачерпують течиво й, підносячись догори, виливають його в жолоб або резервуар. Такого



Фіг. 5.

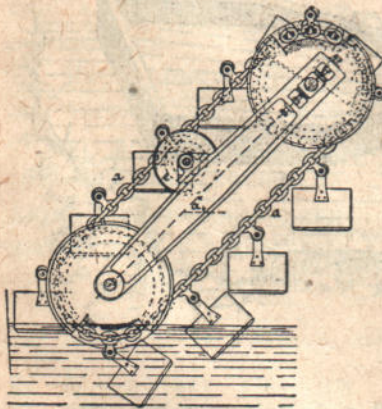


Фіг. 6.

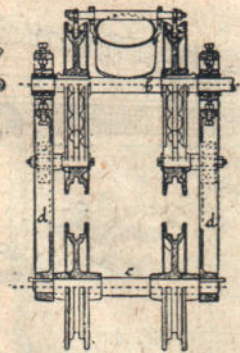


Фіг. 7.

роду машини вживано усе ж досить рідко і тільки для брудної води; а втім, часом і тепер їх іще вживають у каналізаційному ділі. Сучинник видатності таких машин через чималі втрати течива підчас виливання й потребу підняти його на більшу висоту, ніж слід було б, не вважаючи на відсутність роботи пришвидшення, визначається в 0,6—0,7. Найбільша припустима швидкість піднесення до 1 м/сек. Місткість черпаків може сягати 40—60 л.



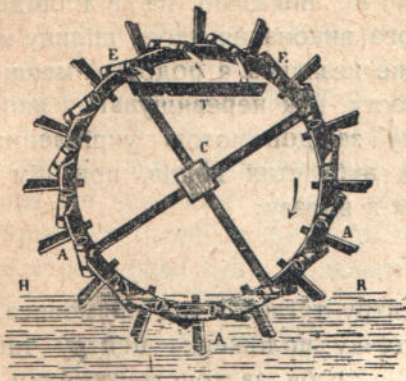
Фіг. 8 а.



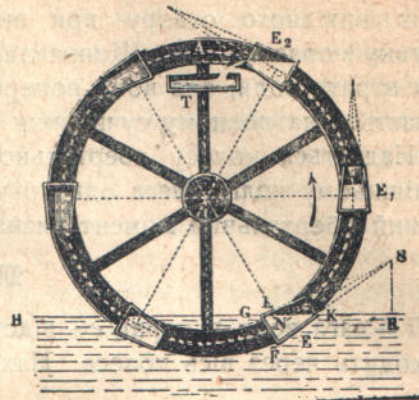
Фіг. 8 б.

Більш уживано, а часом навіть і тепер уживають, водочерпних коліс, злагоджених за тим принципом, що по колі колеса закріплюються, або нерухомо або рухомо, котрогось виду черпаки чи корці; від обертання колеса рукою, кератом, повітряним рушієм або якимнебудь іншим рушієм,

корці зачерпують воду чи якийсь інше течиво і, підносячись догори, виливають воду (течиво) у відповідний жолоб або посудину. Вживані дуже часто для обводнювання, коли воду беруть з річки, такого роду колеса мали ще додаткові лопатки, щоб надавати їм чину безпосередньо енергією текучої води, і тоді вони стають водночас колесами водочинними й підіймальними. У цьому випадку їхній загальний повний сучинник ви-

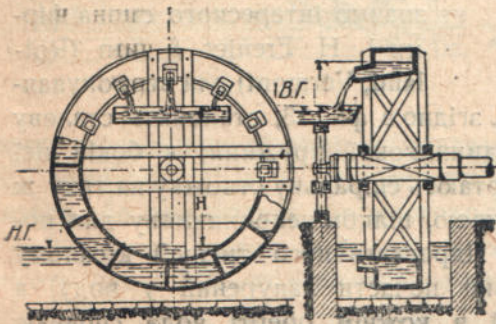


Фіг. 9.

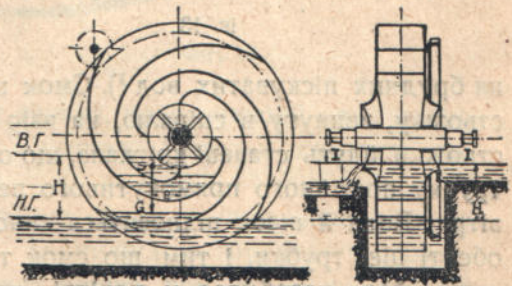


Фіг. 10.

датности не перевищує 0,3, сучинник же видатности одного водочерпного колеса лежить у границях од 0,7 до 0,9, як до конструкції. На додаваних фігурах 9, 10, 11 та 12 показані деякі типи таких коліс; при чім перше зветься китайське, друге франкське, третє французьке і, нарешті, четверте — спіральне колесо.



Фіг. 11.



Фіг. 12.

Китайське колесо, до якого в Китаї корці роблено з бамбукових трубок, подане, якраз, і у вигляді водочинного колеса з лопатками, які тисне текуча вода й змушує його обертатись і підносити при цім у корцях воду. Так само звичайно роблять і франкське колесо.

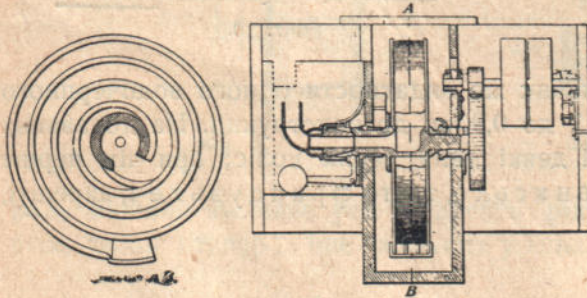
Із зазначених коліс найліпше своїм сучинником видатности є спіральне колесо, хоча воно й найдорожче, бо такі колеса доцільніше робити

з заліза. Сучинник видатності в таких колесах сягає 0,9; такого високого сучинника видатності досягають тим, що, як бачимо з рисунку, вода, зачерпувана на зовнішньому колі колеса, йдучи далі, під час обертання колеса, спіралюватими каналами до осі останнього, може вилитися тут у лотік так, що піднесення її вище рівня води в горішньому рівні може обмежуватися нікчемною величиною, коли навіть зовсім не робити ніякого ущільнення вихідного отвору при витіканні, як показано на відповідному рисунку з правого боку. Щоправда, за такого виконання через щілину може бути втрата води, але вона, поперше, дуже незначна, а подруге, менш позначається на повному сучиннику видатності, ніж перевищування напору.

Надається колесу оберտального руху за допомогою укріплених на зовнішньому колі колеса одного чи двох зубчастих вінців, при чім потрібний обертальний момент визначається з виразу:

$$\mathfrak{M} = \Sigma Ge,$$

де G — вага води в корці, e — відстань центру тягара її від прямовиса, що проходить через вісь колеса. Находить точку положення центру тягара



іг. 13.

треба за конструктивним рисунком для різних положень колеса, при чім за доброго виконання вартість \mathfrak{M} повинна мати однакову величину для всіх оцих положень.

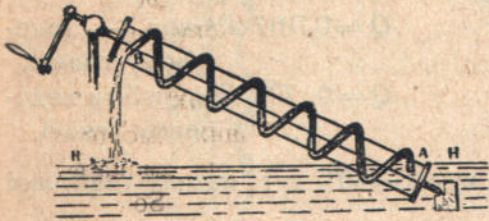
Із сьогочасних виконань дійсно спіральних смоків значно інтересного смока фірми I. H. Frenier & Son (Rotland, Vermont) для висмокування

брудних піскуватих вод ¹⁾. Смोक цей, згідно з фіг. 13, становить сталеву стьожку, звинуту в спіралю, на взір годинникової пружини; з боків цієї стьожки йдуть сталеві кружала, що обертають спіральну стьожку на таку ж трубку постійного прямокутного перекрою, цілком непроникливу для повітря. Вода й пісок підносяться силою гідростатичного тиску в кожному оберті цієї трубки, і тим що смок тільки почасті занурений у воду, а решта його перебуває у повітрі, то й в кожному оберті вода сповнює тільки частину його, а в решті частин міститься повітря. З суми гідростатичних тиснень у всіх обертах трубки визначають висоту, що на неї може бути піднесена вода. Висота ця, отже, залежить просто від числа звоїв спіралі й не залежить від швидкості обертання. Щоправда, швидкість має ту вагу, що втрата в енергії на тертя та відосередкову силу скоро зростає зі збільшенням швидкості.

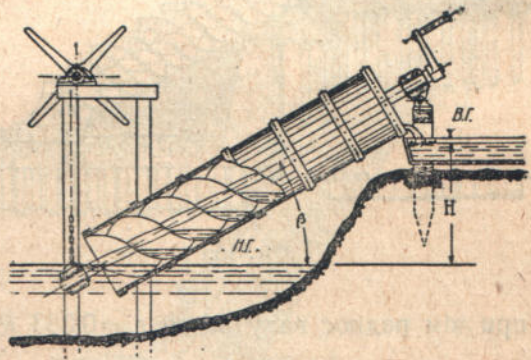
Swindin, N. The modern Theory and Practice of Pumping. London. 1924, стор. 315.

Сама фірма радить робити при 20 обертах на хвилину. Радять, далі, встановлювати смок так, щоб центр валу містився цілів на 7 вище за рівень води. Грубість спіральної стьожки та стінок беруть у $\frac{3}{16}$ ". Радіальна відстань звоїв стьожки дорівнює $2\frac{1}{2}$ ". Нормально смоки виробляють трьох серій: завширшки на 6", 8" та 10" за відповідних поперечників на 44", 48" та 54". Видатність смоків визначається в 340 м³, 454 м³ та 681 м³ на добу, за максимальних нагнічувань у 4,27 м (14'), 5,79 м (19') та 7,32 м (24').

До машин течивно-черпальних з переривним же подаванням слід залічити водотяжний гвинт, прообразом якого був водяний гвинт Архімедів (фіг. 14). Такий водотяжний гвинт, згідно з фіг. 15, становить дерев'яний або залізний циліндр; в середині його є гвинтувата поверхня, що або безпосередньо сидить на валу, який проходить віссю циліндра (за невеликих устав), або має тільки на кінцях чопа, що проходять крізь укріплені в циліндрі перехрестя; вальниці для чопів роблять рухомі, щоб можна було змінювати глибину занурення гвинтової поверхні в нижньому б'єфі. Підчас обертання циліндра утворені поверхнями гвинта й циліндра корці зачерпують воду й женуть вгору, і тут вона виливається в лотік. Щоб не утворювалися повітряні мішки і тим більш-



Фіг. 14.



Фіг. 15.

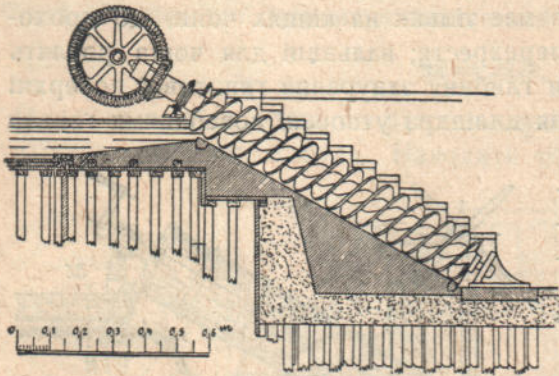
менш забезпечити рівномірне подавання течива, треба нижній край циліндра не цілком ($\frac{1}{2} \div \frac{1}{3} D$) занурювати в течиво. Гвинтові поверхні робиться або одноходові або многоходові.

Вживають такого роду підйом звичайно, коли течиво подається на висоту до 4,5 м; ходові поперечники D циліндрів будуть у границях 1,25 ÷ 1,7 м; кут β нахилу осі до рівня беруть при цьому в границях од 20 до 35°, частіш близько 30°, а кут α піднесення гвинтової поверхні в границях 17 ÷ 20°, при чім легко доказывается, що для можливости захоплення й піднесення води потрібно, щоб сума кутів нахилу осі та кута піднесення гвинта була менша за 90°.

Для дуже забрудненої води, напр., підчас висмокування води з копнів, у каналізаційному ділі, вживають водяних гвинтів (фіг. 16), що складаються з многоходового гвинта, вміщеного в відкритому похилому дерев'яному або кам'яному жолобі напівкруглого перекрою; підчас обер-

тання гвинта течиво транспортується догори, подібно до того, як транспортується зерно гвинтовими елеваторами на млинах. Сучинник видатності таких підойм коливається в границях $0,75 \div 0,9$. Швидкості, що з ними водотяжні та водяні гвинти мають обертатися, не повинні перебільшувати котроїсь величини, інакше бо бувають неправильності й перешкоди в русі течива, що постають, з одного боку, через недостатню певність захоплення її, і, з другого боку, через те, що течиво пристає до внутрішньої поверхні циліндра (водотяжні гвинти), і це приставання визначно виявляється завдяки відосередковій силі.

На підставі досліджувачь ще Крöhnke ¹⁾ обводова швидкість поверхні циліндра водотяжних гвинтів, щоб уникнути зазначених явищ, не повинна



Фіг. 16.

перебільшувати $2,25$ м/сек, звідки число обертів має бути $n < \frac{21}{R}$, де R — радіус циліндра.

На основі теоретичних досліджень того самого автора, цілком потверджуваних практикою, кількість подаваного водотяжним гвинтом течива визначається співвідношенням:

$$Q = 0,7017 R^3 \text{ при 4-х ходовому гвинті,}$$

$$Q = 0,736 R^3 \text{ при 5-ти ходовому гвинті,}$$

при чім радіус валу взято $r = 0,333 R$, кут $\beta = 30^\circ$, кут нахилу гвинтової поверхні біля валу $\alpha_l = 45^\circ$ та $n = \frac{21}{R}$.

Другий автор досліджувачь Кёрске ²⁾ дає для кількості подаваного водяним гвинтом течива співвідношення:

$$Q = 0,0408 \lambda n R^3,$$

за умови, що $r = 0,4 R$, $\beta = 30^\circ$ та кут гвинтової поверхні по середній лінії $\alpha_m = 30^\circ$, при чім λ — обсяговий сучинник видатності підойми дорівнює $0,84$, а n — число обертів. Зазначмо ще, що дуже цікаве графічне визначення подавання течива гвинтами є в Weisbach'a ³⁾.

¹⁾ Deutsche Bauzeitung. 1876, стор. 377.

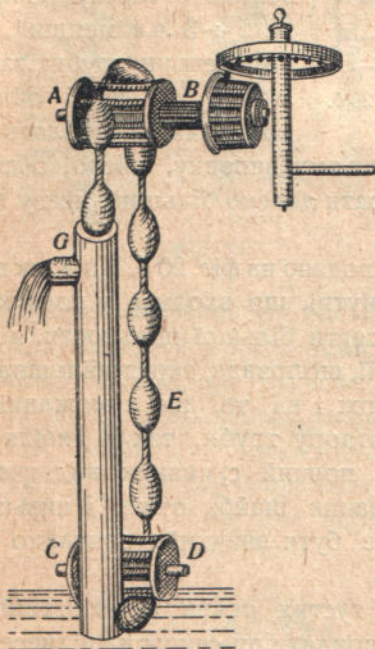
²⁾ 1:3 \ rch. und Ing. Vereines zu Hannover. 1860, стор. 263.

³⁾ Weisbach. Die Mechanik der Ingenieur und Maschinen Mechanik. Т. III, Abt. II, стор. 811 і далші.

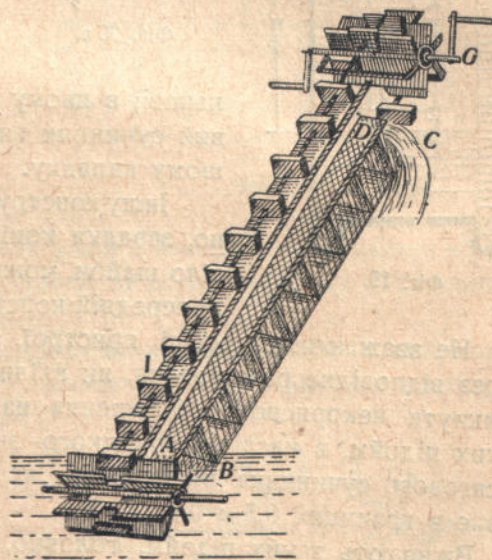
Спіральні водопідіймальні колеса (див. фіг. 12) та водотяжні й водяні гвинти є машини перехідні до течивно-черпальних з неперервним подаванням течива, бо подавання ними течива наближається до неперервного; залічування їх, не вважаючи на це, до течивно-черпальних машин з переривним подаванням з'ясовується тим, що все ж підчас подавання ними течива помічається деяке пульсування його при витіканні.

§ 2. Машини течивно-черпальні з неперервним подаванням течива

З черпальних машин з неперервним подаванням течива відзначмо, насамперед, так звані ланцюгові смоки, що в примітивній формі



Фіг. 17.

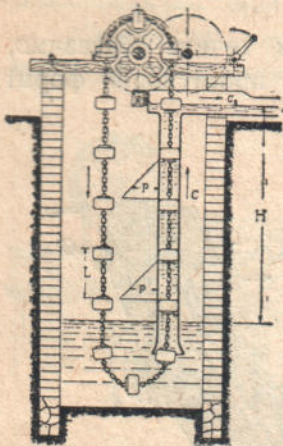


Фіг. 18.

маємо у вигляді смока з пацірками (фіг. 17), або смоки з лопатками (фіг. 18), в досконалішій формі із спеціальними шайбами, фіг. 19.

Згідно з поданими рисунками, розглядувані підйоми течив становлять безконечну линву або ланцюг, що обгинає одне або двоє відповідної форми коліщат, і на ньому укріплені на певних відстанях одна від одної, тої чи тої форми, шайби; коли обертається верхнє коліща, одна з гілок ланцюга або линви проходить знизу догори крізь відповідної форми трубу, занурену своїм нижнім кінцем у пересмокуване течиво, при чім шайби, правлячи за толоки, що щільно ходять у трубі, захоплюють певні обсяги течива й підносять на певну висоту.

У машинах старих конструкцій з пацірками, останні роблено з ремення у формі мішечків із щільницею з коров'ячої шерсти або кінського волосу; особливих ущільнювальних засобів, як і в машинах із шайбами, у формі дерев'яних лопаток, не вживалося; в новітніх конструкціях шайби роблять залізні або дерев'яні з різними ущільнювальними засобами. У конструкції, напр., Bastier'a (фіг. 20а) шайбу становить залізна тарілка й дерев'яний підкладень; а між ними за допомогою прогонича затискується



Фіг. 19.



Фіг. 20 а.



Фіг. 20 б.

ремінну переліжку, при чім за дерев'яних труб поперечник ремінної переліжки, щоб уникнути великого тертя, роблять на 2 ÷ 3 мм менший, ніж поперечник труби; за залізних же труб обидва поперечники роблять однакові; в цьому останньому випадку, звісно, обсяговий сучинник видатності далеко більший, ніж у першому випадку.

Іншу конструкцію подано на фіг. 20 б. В ній, як видно, завдяки конічній мутрі, що входить у кавчукове тіло шайби, можна досягти більшої щільності, ніж у попередній конструкції, щоправда, тертя збільшивши.

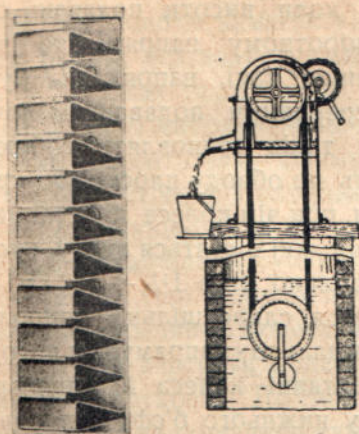
Не зважаючи на всі ці пристрої, а також і на те, що є можливість, через відповідне розширення, як вхідного отвору труби, так і вивідного, уникнути некорисного збільшення напору, повний сучинник видатності таких підойм, в наслідок швидкого зношування шайб, отже, і низького обсягового сучинника видатності, не може бути значний: звичайно він буває в границях 0,5 ÷ 0,6.

Вживають таких підойм, головно, для густих течив (каналізаційних вод, дьогтю, смоли, меляси й т. ін.). Найпридатніші висоти піднесення лежать у границях 3 ÷ 5 м; поперечники труб або розміри квадратного перекрою їх беруть у границях 0,12 ÷ 0,15; відстані шайб одна від одної 0,8 ÷ 1,0 м; пересічні швидкості руху ланцюга або линви 0,9 ÷ 1,2 м/сек. Швидкості руху ланцюга або шайб становлять, очевидно, разом із тим і швидкості руху течива, при чім, через те, що течиво підчас виливання з труби набуває напрямку, нормального до осі труби, висоти, що відповідають отим швидкостям, будуть втрачені; не трудно, проте, обчислити, що ця втрата невелика й за згадуваних уже норм не перебільшує 1,5 ÷ 2%.

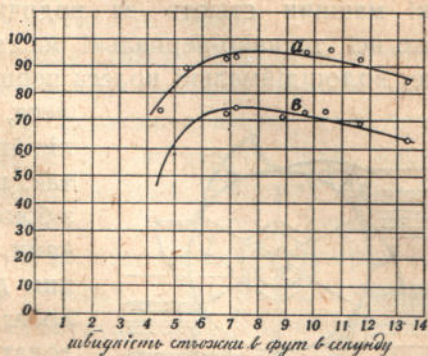
Із нових ланцюгових машин, і вдосконаленіших, зазначмо так званий елеватор М. Carnelle¹⁾, зображений на фіг. 21. У цій підоймі, вживаній

¹⁾ Swindin, N. The modern Theory and Practice of Pumping. London. 1924, стор. 313.

вже лише для чистої води, коли висмокують її з колодязів, замість корців маємо своерідної форми сталеву стьожку, зігнуту так, що стьожка немов становить поспіль окремі чарупки; останні, занурюючись у воду, сповнюються і, за достатньої швидкості стьожки, можуть підносити воду на чималу висоту, до того ж, як показує діаграма (фіг. 22), виявилось, що обсяговий сучинник (крива *a*) видатно-



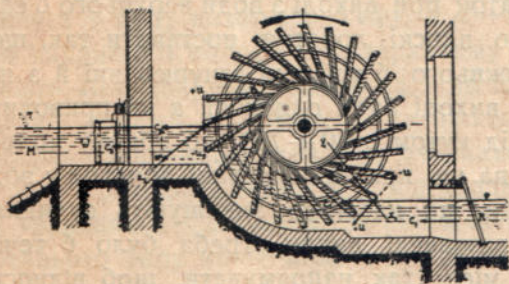
Фіг. 21.



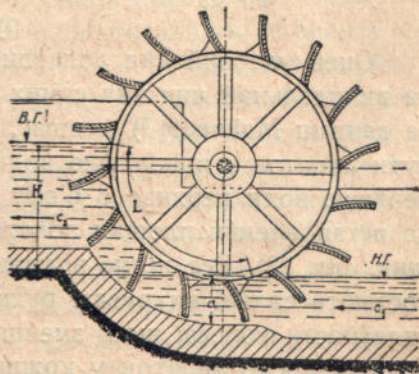
Фіг. 22.

сти такого елеватора (за висмокування води з колодязя завглибшки 46,5 м) досягав вартості 0,95; повний же сучинник видатності (крива *b*) за найпридатнішої швидкості досягає вартості 0,75.

З інших водотяжних машин з переривним подаванням і що мають досить добрий сучинник видатності відзначмо так звані водопідіймальні колеса, зображені на фігурах 23, 24 і 25, при чім перше колесо



Фіг. 23.

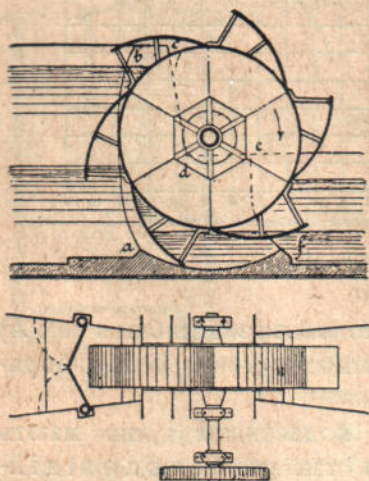


Фіг. 24.

належить до так званих водокидних коліс, а друге й третє до смокових коліс; відмінність становить те, що перше колесо робить із деяким, хоча й невеликим, ударом, друге ж без удару; крім того, в першій колесі нема внутрішнього кожуха, що закривав би зсередини проме-

жок між лопатками, в другому ж не тільки є внутрішній кожух, але часом бувають і бічні стінки. По суті перше із зображених коліс своєю формою наближається до колеса Сажб'єнового¹⁾, а друге до колеса Цупінгерового²⁾, тільки з обертанням у протилежний бік.

Взагалі треба сказати, що деякі з розглянутих у нас типів водотяжних машин є машини оборотні, цебто, коли висоти подавань обернути на напори й пропускати воду в зворотному напрямі, то водотяжні машини стають за водочинні машини; такі, наприклад, будуть майже всі течівно-черпальні машини з переривним подаванням течива. Отже, водопідіймальні колеса перших двох типів становлять собою ко-



Фіг. 25.

леса, що мають по обводу плоскі або криволінійні лопатки, при чім колеса ці встановлені так, що лопатки, які містяться внизу, оточені з боків майже щільно (люз $1\frac{1}{2} \div 2\frac{1}{2}$ см) стінками, а знизу теж сливе щільно криволінійним дном підіймально-напрямувального жолоба; при обертанні колеса й занурюванні лопаток у воду нижнього б'єфу утворені лопатками, стінками та жолобом корці пересувають воду разом із собою і змушують її вилитись у верхній лотік. Обертаються колеса за допомогою зубчастого колеса або за допомогою закріпленого на його ободі зубчастого вінця та зчіплюваного з ним трибка, що настромлений на додаткову вісь. За рушіїв правлять звичайно або водяний же або вітряний рушії, а за дужчих устав парова машина.

Оцей ударний чин лопаток підчас занурювання у воду нижнього б'єфу та викидальний чин тих самих лопаток при виході з води верхнього б'єфу, за даними Malmedie³⁾ меншає, якщо плоскі лопатки поставити так, щоб кути лопаток з поверхнею води нижнього б'єфу при занурюванні й з поверхнею води верхнього б'єфу при виході були однакові, а це приводить до встановлення площин лопаток під кутом в $60 \div 75^\circ$ до обводу колеса (див. фіг. 23). Все ж, не вважаючи на це, при занурюванні лопаток у воду постають сильні вихруваті рухи води, що набагато зменшують сучинник видатности колеса; щоб зменшити зазначені вихри, треба було б течію води відносно лопаток у кожному місці так направляти, щоб відносна швидкість була геометричною вислідною з абсолютної швидкості води і взятої з протинним знаком обводової швидкості колеса.

1) Пинегин, В. Н. Гидравлические двигатели. Одесса. 1928, стор. 9.

2) Пинегин, В. Н. Гидравлические двигатели. Одесса. 1928, стор. 8.

3) Prakt. Maschinenkonstrukteur. 1870, стор. 225.

Із поданого на рисунку трикутника швидкостей легко бачити, що тоді перший лопатковий елемент мав би лежати в напрямку x_1y_1 , і це відповідало б лопаткам, зігнутим уперед. Але якби поставити так лопатки, то були б незвичайно кепські наслідки при виході лопаток із води верхнього б'єфу. Тут вода викидалася б з води, бо, очевидно, що швидкісний вихідний трикутник вимагає, щоб перший лопатковий елемент лежав у напрямку x_2y_2 , цебто вимагає вигину лопаток у зворотному напрямі—назад. Таким робом, без вельми складних конструкцій лопаток спокійного руху води в лопатках такого роду підойми добути не можна.

Практично виконуючи ці колеса, велику увагу звертають на вихід, і лопаткам надають таку форму, щоб при виході їхньому з води остання легко могла стікати з верхнього боку. Це спричиняє, звісно, удар лопатки при виході, який разом із втратою енергії на вихруваті рухи набагато зменшує гідравлічний сучинник видатности колеса. Умовини ті то більш погіршуються, що менший поперечник колеса. З другого боку, із збільшенням поперечника колеса більшає його вага (приблизно пропорційно D^3), а тому, oprіч вартости колеса,—і тертя в чопах, цебто меншає механічний сучинник видатности. До того ж, тертя та затискування сторонніх речей між лопатками і стінками зменшують іноді механічний сучинник видатности так само дуже сильно. Через те повний сучинник видатности коліс першого роду беруть не більший за 0,60—0,70; при чім вища вартість стосується до коліс з великим поперечником (дорожчим), і його не можна здобути за надто малих висот піднесення.

Висоти піднесення течив при таких колесах сягають 4 м, хоча вже при висотах, більших ніж 3 м, радять ставити послідовно декілька коліс. Тим що вода такими колесами може бути піднесена тільки на таку висоту, за якої вона не виливається ще через унутрішній окрайок лопаток, то звідси впливає, що поперечник коліс повинен бути набагато вищий за висоту піднесення (H). За Foster'ом ¹⁾, напр., $D = 5,43\sqrt{t+h}$, де t —глибина занурення колеса у воду нижнього б'єфу, а h —відстань від рівня води в останньому до найвищого водостою у верхньому б'єфі. На практиці поперечники сягають 10 м, ширина коліс B од 1 до 3,5 м, довжина лопаток від 0,7 до 2,4 м, число лопаток від 28 до 32 та більш. Кількості води можуть подаватися досить таки чималі, при чім, очевидно, $Q = tBu$, де B —ширина колеса, а u —пересічна швидкість в підйимальному напрямному жолобі, що лежить у границях 1—2,5 м/сек. За більших висот подавання, коли лопатки попереднього типу коліс мали б набрати надто великих розмірів у радіальному напрямі, вживають зазначених вище سموкових коліс. Швидкості води в цих останніх беруть менші (обводові швидкості лежать у границях 1—1,5 м/сек), ніж у попередніх колесах, через те і вхідні і випускні втрати бувають теж менші. Лопатки в цих колесах робиться зігнуті, і, коли їх добре виконано, бувають як зігнуті вперед, так і назад.

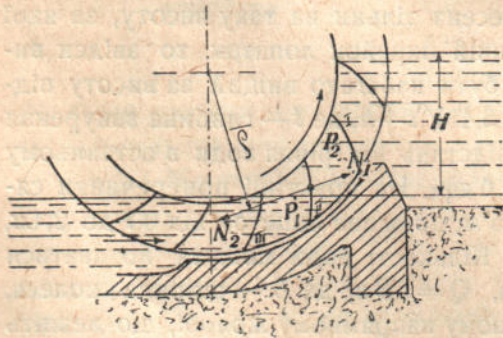
¹⁾ Hartmann und Knoke. Die Pumpen. Berlin, 1906, стр. 21.

Щоб повітря могло виходити підчас сповнювання окремих корців, на внутрішньому кожусі роблять невеликі отвори, крізь які, щоправда, за високих положень корців, може вилитися й вода; ця втрата, зумовлюючи деяке зменшення обсягового сучинника видатності — а він, до речі сказати, сягає в смокових колесах 0,95 (супроти 0,8 у першого роду коліс), — така нікчемна, що на неї, коли рівняти її до втрати води через лопаткову щілину, а також до втрати з боків, і, крім того, до втрати між кінцями лопаток та поверхнею дна жолобу, можна не зважати.

Смокові колеса мають менше лопаток, ніж попередній тип, а саме $6 \div 10$; глибину занурювання їх беруть в границях $1/6 \div 1/9$ зовнішнього поперечника колеса; останній же беруть у границях $5 \div 8$ м за ширини $1 \div 3$ м. Висоти піднесення течив лежать у границях $3 \div 6$ м числа обертів у границях $2 \div 5$ на хвилину. Смокові колеса придатніші до мінливих напорів: за мінливих чисел обертів, навпаки, ці колеса будуть менш придатні. Повний сучинник видатності цих коліс сягає $0,7 \div 0,8$.

§ 3. Основні хиби течивно-черпальних машин

Розглянуті допіру смокові колеса становлять ніби переходовий тип машин від суто водопідіймальних коліс до смоків справжніх. Що це дійсно так, видно з ось яких міркувань: вище в нас сказано, що смоками, в справжньому розумінні цього слова, називають такі машини, в яких надавана зовні течиву енергія обертається на тиск, що й править для переміщення й піднесення течива. Оце створення тиску й є характеристична ознака всякої машини-смоку.



Фіг. 26.

Якщо тепер стежити за процесом переміщення течива, що його роблять смокові колеса, то легко бачити, що спочатку, підчас занурювання лопаток у течиво, воно ніякої зміни в тиску не зазнає; цієї зміни не постає також і далі за переміщення течива до вищих положень. При цім припускається цілковита щільність лопаток машини із стінками, що їх оточують, та дном.

І лише коли лопатка піднісшись починає покидати напрямний підіймальний жолоб, і між водою верхнього б'єфу й водою, що міститься за цєю лопаткою в корці, постає сполучення, в цій останній з'являється напірний тиск. Наступна лопатка перебуває тепер з одного боку під вищим тиском (фіг. 26), з другого ж боку під нижчим тиском. Отак на лопатку чинить зворотний момент:

$$\mathcal{M} = \rho (P_2 - P_1) F,$$

де F — проєкція лопаткової поверхні на напрямок, нормальний до вислідної тиску, q — відстань від осі (О) колеса до точки прикладання вислідної. Визначений отак момент має бути переможений силовим моментом. Помножуючи його на кутову швидкість колеса, ми, очевидно, здобудемо індикаторну потужність, цебто ту потужність, що потрібна на піднесення й переміщення течива.

Якийсь час навіть гадали, що смокові колеса, коли досить ущільнити їх з лодою, можуть виявляти, як і справжні смоки, всисний чин. На ділі okazaлося, що цього не буває, тим паче, що завжди доводиться між колесом і жолобом зоставляти певної величини щілину. Ось ця відсутність всисного чину і, через це, доконечність устав смокових коліс у суворо визначеному місці щодо розпологу горизонтів течива в обох б'єфах, нарешті, неможливість, з технічного погляду, робити колеса великих поперечників, а це було б потрібно для подавання течива на чималі висоти, — становлять головні характеристичні ознаки смокових коліс, що відрізняють їх невідгдно від смоків, розглядуваних нижче.

У цьому, а також в їхній завалистості, в малому числі обертів, неможливості регулювати подавання течива, і, нарешті, в порівняно малому сучиннику видатності лежить причина того, що течивно-черпальні машини, крім дуже обмеженої кількості новітніших, зазначених вище типів, мали б зовсім зійти з кону й уступити місце іншим водопідіймальним машинам — смокам.

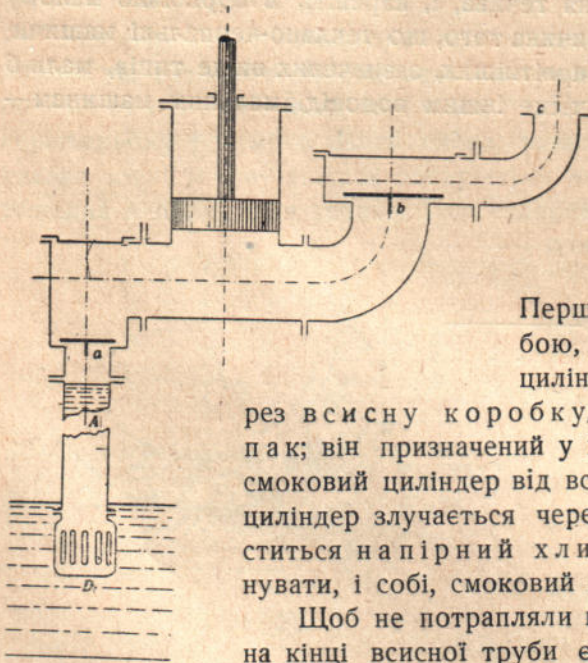
РОЗДІЛ II

ОГЛЯД ТИПІВ СМОКІВ

А. СМОКИ З ПЕРЕРИВНИМ ПОДАВАННЯМ ТЕЧИВ

1. Смоки з прямолінійно-зворотним рухом толока або пурнача (толокові смоки)

а) Хай циліндер з кружаловим толоком, що совається в нім, злучається (фіг. 27) крізь смокову коробку, з одного боку трубою з джерелом, водоймищем, резервуаром і т. ін., де міститься якесь течиво, що його мають пересмокувати, з другого боку другою трубою з тим резервуаром чи посудом, що стоїть вище за перші вмістилища течива, на якусь спадомірну висоту H , куди це течиво мають пересмокувати.



Фіг. 27.

Першу трубу звать всисною трубою, другу напірною. Злучається циліндер смока з всисною трубою через всисну коробку, де міститься всисний хлипак; він призначений у відповідні моменти роз'єднувати смоковий циліндер від всисної труби; з напірною трубою циліндер злучається через напірну коробку, де міститься напірний хлипак, його призначення роз'єднувати, і собі, смоковий циліндер від напірної труби.

Щоб не потрапляли в смок сторонні для течива речі, на кінці всисної труби є приймальна ґратчаста коробка D . У деяких конструкціях, як побачимо далі, гостро визначених—всисної та напірної коробок може й не бути.

Толочилино, залежно від призначення смока, злучається гонковим і корбовим механізмами з тим чи тим приймачем зовнішньої сили (вал, корба тощо), що надає чинність смокові.

Припустімо, що нещільностей в злученнях різних частин смока нема. Хай спочатку всеньке унутрішнє приміщення смока сповнює повітря з тис-

ком, що дорівнює атмосферному. Через це рівень течива у всисній трубі стоятиме на одному рівні з таким же в забірному резервуарі, якщо він перебуває теж під атмосферним тиском. Коли підіймати толока, простір під ним більшатиме, повітря, забираючи цей простір, розширюватиметься, і тиск буде зменшуватися. Тим що зовні тиск стане більший за тиск у смоковій коробці *B*, то напірний хлипак щільно закритється, а всисний хлипак, якщо буде досить розрідження, може відкритись. У міру того, як підійматиметься толок догори, розрідження передаватиметься всисній трубі й призводитиме до засмоктування течива із забірного резервуара та піднесення його у всисній трубі. В момент зупинки толока в граничному верхньому положенні всисний хлипак, від своєї ваги, спуститься, але течиво у всисній трубі зостанеться на висоті його піднесення. Підчас зворотного руху толока тиск досягне спершу атмосферного, і потому почне підноситись далі. Тиск зовні камери стане через це дещо менший за внутрішній, всисний хлипак притиснеться до сідла, напірний хлипак відкриється, і повітря почне переходити до нагнітної труби; цей перехід триватиме доти, доки, після зупинки толока, тиск зовні й в середині смокової коробки *B* зрівняється.

За повторення зазначених двох перебігів толока, що відповідають, якщо рух толокові передається валом, одному обертowi цього валу, рівень течива у всисній трубі буде щодалі підноситись, і нарешті, течиво вийде у смокову коробку *B*. Коли весь простір останньої сповнить течиво, воно при перебігу толока догори засмоктуватиметься ним і сповнить смоковий циліндр (період всмоктування), підчас зворотного перебігу воно в обсязі, що дорівнює обсягові, описуваному за цей другий перебіг толоком, випиратиметься крізь нагнітну трубу (період нагнічування) до приймальної посудини.

Висота всисання обмежена теоретично, кругло, 10 м, практично ж, як побачимо далі, вона набагато менша. Висота нагнічування теоретично нічим не обмежена і могла б бути яка завгодно велика, практично ця висота може сягати декількох сотень, ба навіть тисяч метрів. Через неоднаковість висот всисання й нагнічування робота всисання смока розглядуваного типу не дорівнює його нагнітній роботі.

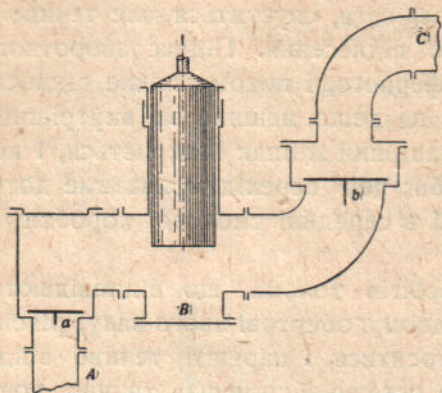
б) Кружаловий толок може бути замінений циліндричним толоком, або, як його звуть, пурначем або стеблом.

Пурначевий смок може різнитися від смока з кружаловим толоком, oprіч форми толоку, ще й формою смокової коробки. На фіг. фіг. 28 а, б та 29а, б подані прямовисний і поземий (лежачий) пурначеві смоки; при чім на фіг. фіг. 28 б та 29 б подані зовнішні вигляди такого роду смоків; останній смок двоциліндровий. На фіг. фіг. 30 і 31 подано в розрізі і зовнішній вигляд прямовисного смока фірми Borsig (Berlin).

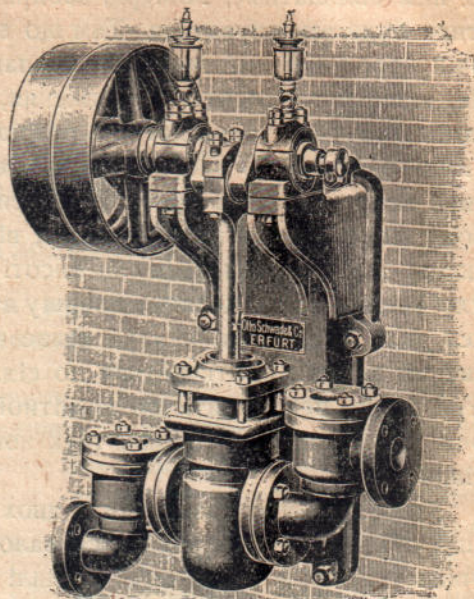
Заміна кружала пурначем забезпечує більшу щільність в циліндрі, хибу ж пурначевих смоків становить чимале тертя між пурначем і стінками ци-

ліндра; для зменшення цього тертя вживають відповідних заходів (вставних злучників і спигових втулок для циліндра). Ясна річ, неоднаковість робіт у періоди всисання й нагнічування маємо й в цьому типі смоків.

Якщо назвемо перекрій толока або пурнача через F (на кв. метри), а його перебіг через S (на метри), то обсяг всмоктуваного ним течива за простого перебігу толока дорівнюватиме $V = FS \text{ м}^3$. Цей же обсяг



Фіг. 28 а.

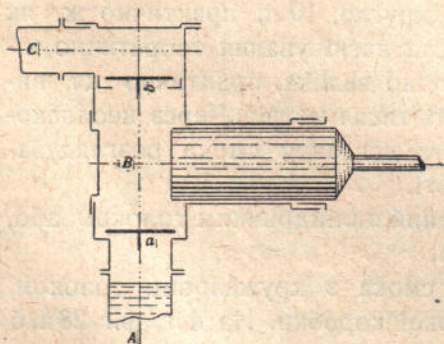


Фіг. 28 б.

течива за зворотного перебігу толока витискуватиметься в нагнітну трубку. За 1 оберт валу з корбовим та гонковим механізмами толок зробить прямий і зворотний перебіг, а тому подавання теоретично має бути $V = FS$.

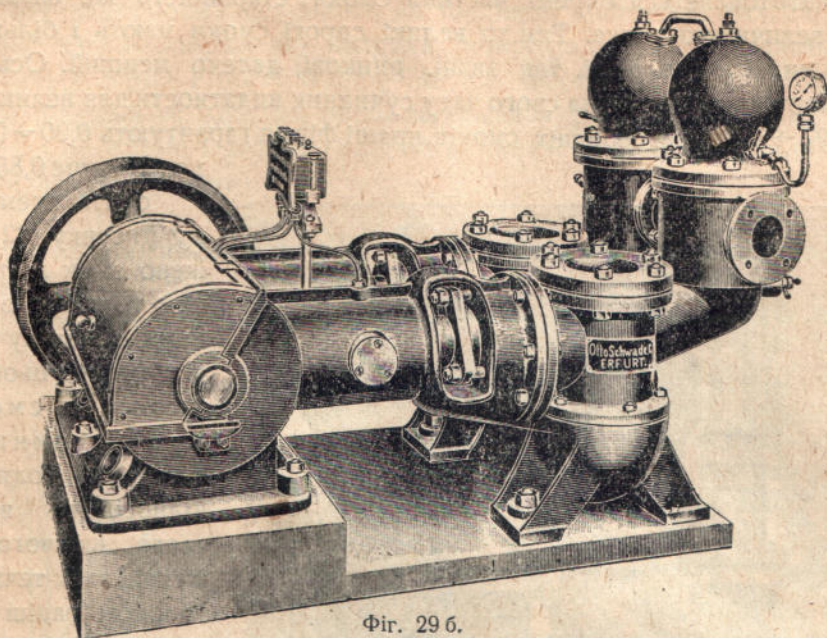
За n обертів валу на хвилину секундне подавання течива матиме вираз:

$$Q = \frac{FSn}{60} \text{ м}^3/\text{сек.}$$



Фіг. 29 а.

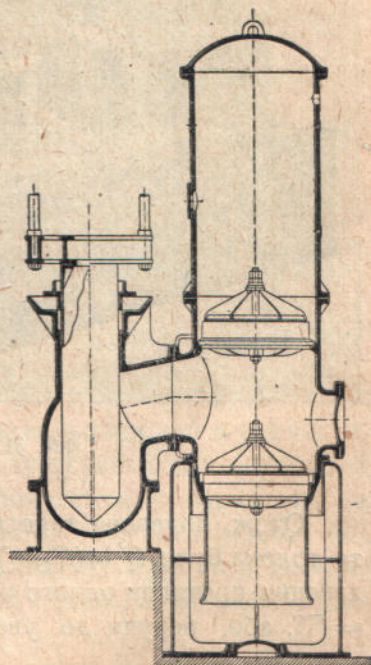
Практично такого подавання сливе ніколи не буває, бо всмоктуване течиво містить у собі завжди якусь кількість повітря, поглинутого при тім тискові, під яким береться течиво із приймального резервуару, і яке (повітря) в розрідженому просторі смокової коробки вилучається й сповнює деякий обсяг замість течива. А як ще, крім того, форма смока не дає змоги суцільно вилити його, то він, будучи складений з окремих частин, завжди майже не досить щільний в злученнях, і в середину його в періоди всисання заходить крізь щілини надвірне повітря, яке



Фиг. 29 б.

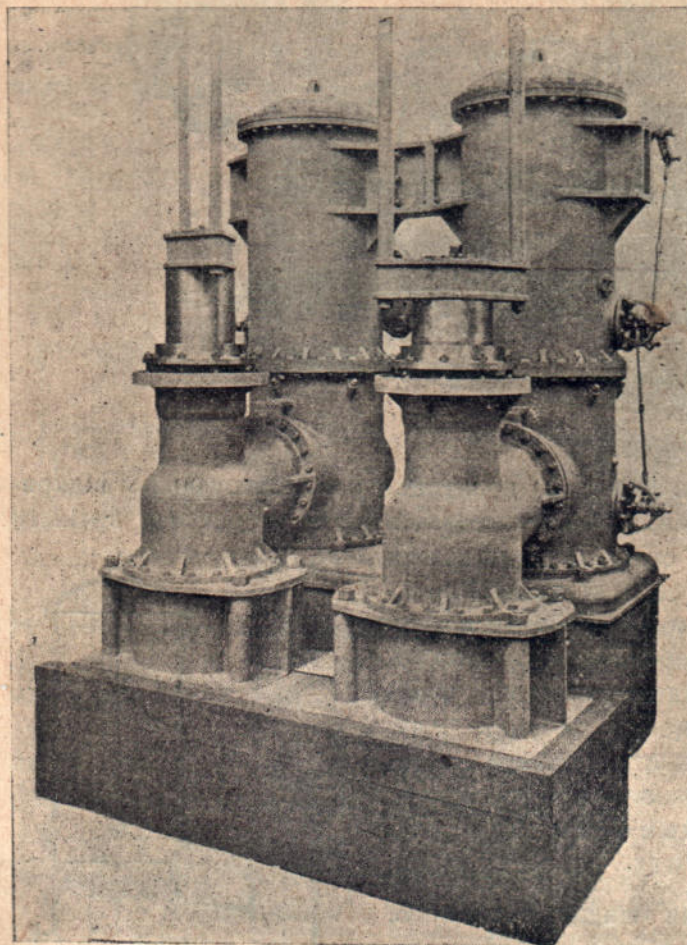
також зменшує подавання. Потім, на практиці буває загаювання у відкритті й закриванні хлипаків, і частина течива встигає за цей час витікати назад. Окрім того, і між стінками циліндра та толока або пурнача також нема достатньої щільності, і частина течива може просякати в смоковий циліндер за толок або пурнач підчас нагнічування. Через усі згадані обставини практичне подавання завжди менше за теоретичне. Відношення дійсної кількості подаваного течива до теоретичного, званого, як уже відомо, обсяговим сучинником видатності смока, або мірою його видатності, $\frac{Q \text{ дійсн.}}{Q \text{ теорет.}} = \eta_o$, тому завжди менше за одиницю.

Що більше число обертів n валу смока, або що більш перебігів толока за одиницю часу, то швидше відбувається зміна періодів розподілення, і втрати стають менші: повітря не встигає вилучитися з всмоктуваного течива або просякати крізь нещільності, що є. Через це швидкокорушні смоки роблять з більшим сучинником видатності. Для збільшення обсягового подавання, зрозуміла річ, багато важить, як ста-



Фиг. 30.

ранно виготовляється окремі частини смока; старанність же багато зв'язана з величиною смока. Тим то великі дорогі смоки мають і більший сучинник видатності, малі, так звані, ринкові, далеко менший. Ось, напр., фірма Кертінг гарантувала свого часу сучинник видатності для великих смоків у $0,97 \div 0,99$, для середніх смоків кращі фірми гарантують $0,90 \div 0,93$, для малих лише $0,85 \div 0,90$.



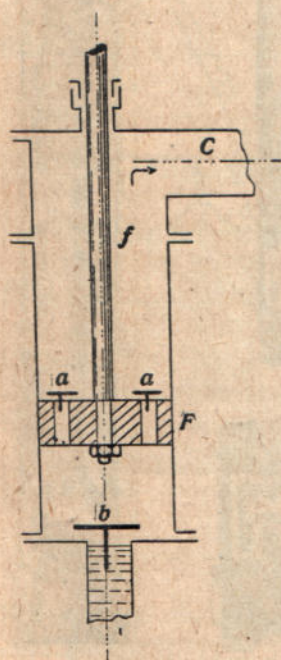
Фиг. 31.

Отже, подавана такого роду смоком кількість течива в період підняття толока буде $Q' = (F - f)S$, в період опускання $Q'' = fS$, а, виходить, подавання протягом одного повного перебігу становитиме $Q = (F - f)S + fS = FS$, або, беручи до уваги міру видатності,

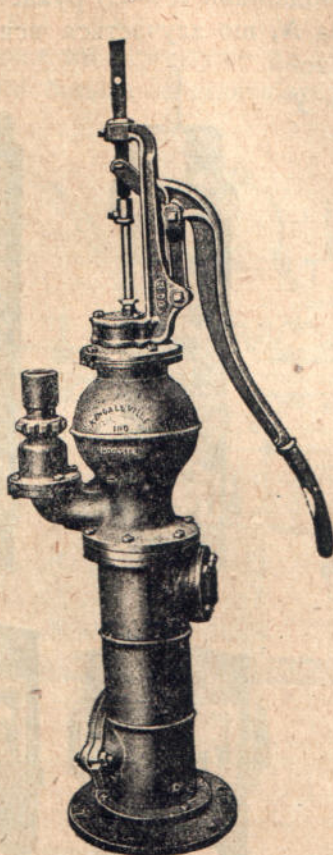
$$Q = \eta_0 FS.$$

с) На схематичному рисунку 32 зображено смок з кружаловим толоком із хлипаками в самому толокові (смоки цього роду часом звуть смоками з пропускним толоком). Коли толок підноситься вгору з свого нижчого положення, тиск течива під толоком (раніш засмокованого) закриє хлипаки, і течиво випирається до напірної труби. Під толоком течиво у наслідок розрідження, піднявши всисний хлипак *b*, виповнить з всисної труби звільнюваний толоком простір. Коли толок опускається, це течиво закриває хлипак *b* й відкриває хлипаки *aa* і в кількості, що вже дорівнює лише обсягові, витиснюваному толоком, випирається в напірний [трубопровід.

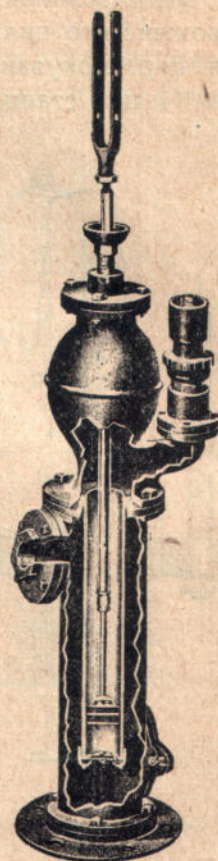
Розглядувані смоки поширилися як так звані колодязні, шахтові смоки; на фіг. фіг. 33 і 34 зображена, наприкл., конструкція такого ручного смока для колодязів фірми Flint & Walling Mfg Co. Обсяговий сучинник видатно. Їх не більший за 0,85, бо, опріч загаювання роботи хлипаків, толоки їхні трудно оглядати, і згодом постають чималі нещільності. Крім того, дуже ускладнюється кон-
структування самого то-
лока, через брак місця для хлипаків. Тим то раціо-
нальніша конструкція це-
подана на фіг. 35; тут то-



Фіг. 32.



Фіг. 33.



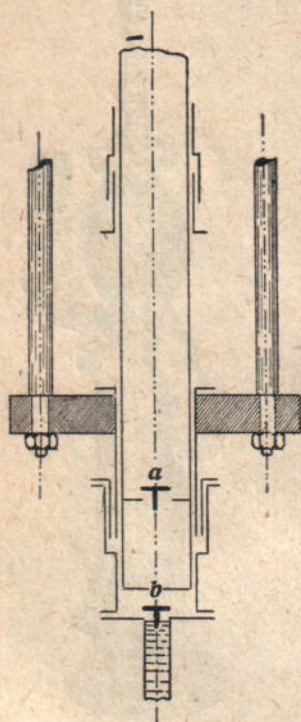
Фіг. 34.

лок зроблено у вигляді порожнистого циліндра, і вже в останньому міститься напірний хлипак, толок можна оглядати через защілки, що в них він перебігає. Доводиться тільки робити складнішу конструкцію для толочилна.

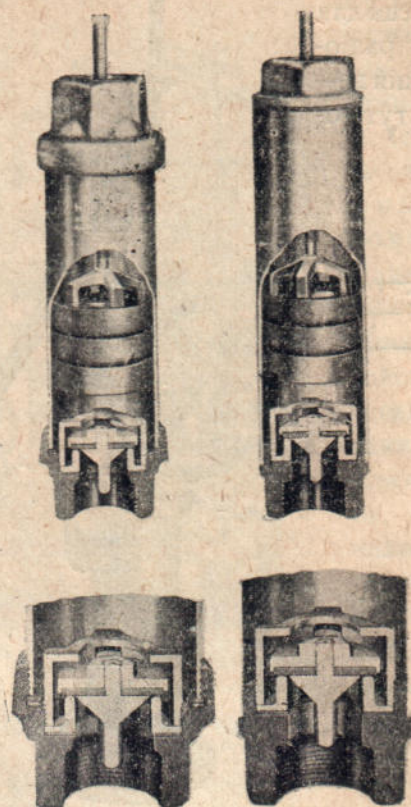
Не вважаючи на кепські якості смоків з пропускним толоком, їх, як уже сказано, застосовують у гірництві, бо, розташовуючись уздовж осі, вони забирають мало місця, а це надто вигідно в шахтах. Крім того, смоків з пропускним толоком вживали при конденсуванні спрацьованої пари суднових машин.

Із нових конструкцій цього роду смоків зазначмо смоки фірми Flint & Walling Mfg Co, Kennedallville, Indiana, U. S. A. подані на фіг. фіг. 36 і 37.

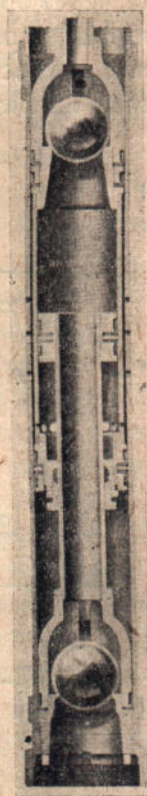
В першій із зазначених смоків, що становить звичайний тип смоків з пропускним толоком, своєрідна є злагодя всисного хлипака й самого толока, з поставленими ремінними чохлами та ремінними ж хлипаками, що дають дуже вільно проходити воді. В другому смоці, що становить тип смоків з циліндричним толоком, цікаве є застосування двох циліндричних толоків, з них зовнішній (подвійний $K-E$) рухається ввєрх і вниз в середині порожнистого циліндра N , що злучається всисною трубою з резервуаром для пересмокування те-
чива і що становить у



Фиг. 35.



Фиг. 36.



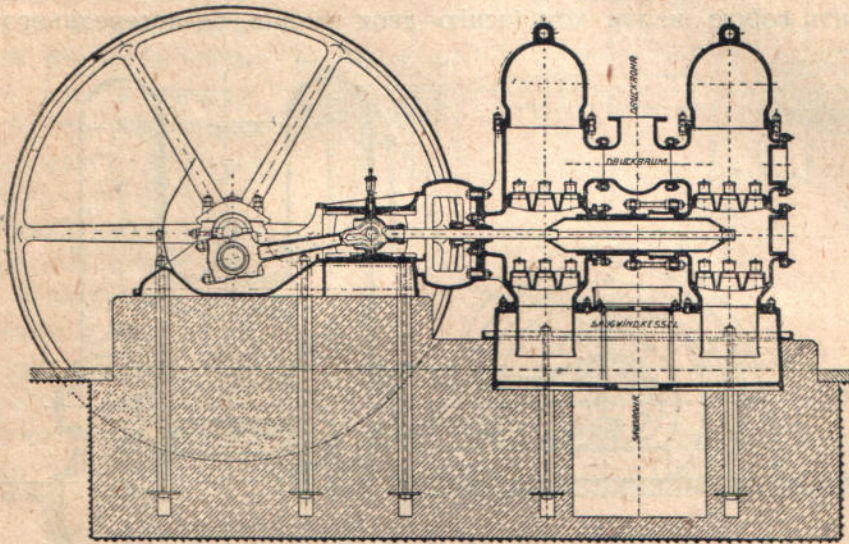
Фиг. 37.

свому продовженні O вгору воднораз і било й напірну трубу і поряд містить у собі напірну хлипакову (хлипак L) коробку, внутрішній толок за прямовисних пересувань зовнішнього толока ковзає в середині його і трубою C нерухомо злучений з всисною хлипаковою коробкою, що має хлипак A .

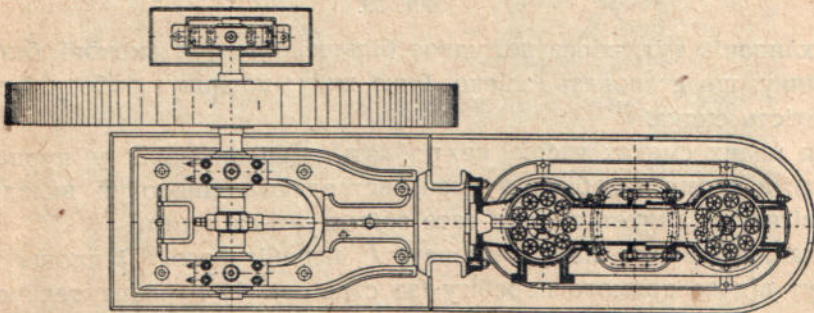
Припустімо тепер, що зовнішній толок піднімається догори; очевидно, в цьому випадку рух нижньої його частини E призводить, разом із підйманням хлипака A , всмоктування води до камери D . Нерухомий толок H забезпечує тоді сповнення водою верхньої камери I крізь щілини B до всисної хлипакової коробки і, далі, крізь внутрішню трубку C , водночас з наповненням камери D . Хай далі толок спускається донизу. Всисний

хлипак *A* закриває всисну трубу, а верхній нагнітний хлипак *L* відкриває вхід до напірної труби, вода випирається з камери *I*, проходить крізь отвір, що його відкриває хлипак *L*, і входить у напірну хлипакову коробку *M*, в той самий час нижня частина пурнача випирає воду з камери *D* крізь щілини *B* в середину труби *C*, далі крізь камеру *I*, крізь хлипак *L* теж до камери *M*, і тим створює умови для нагнічування як при перебігу толока в верх, так і вниз.

Отже, розглядуваний смок є ніби смок уже двочинний (див. нижче), і видатність його на 40 ÷ 50% більша за видатність смока безпосереднього



Фіг. 38 а.

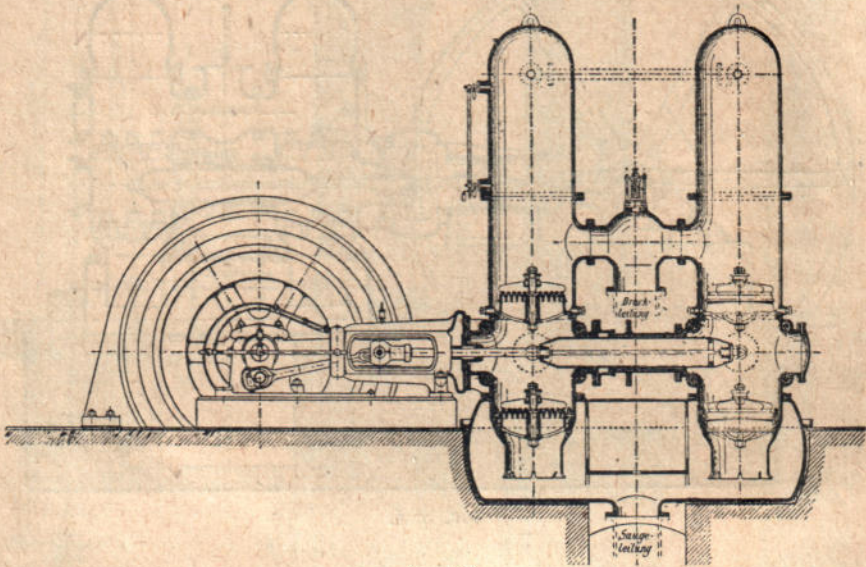


Фіг. 38 б.

чину такого самого поперечника; напр., за перебігу толока в 16'' смок подає таку кількість води, як смок звичайний з циліндром такого самого поперечника й за перебігу толока в 24''.

Розглянуті типи смоків звать смоками безпосереднього чину через те, що періоди всисання й нагнічування при їхній роботі розділені; в наслідок цього розділення є згадана вже їхня істотна хиба: нерівність робіт і подавань за вказані періоди, з яких перша щодалі збільшується при підвищуванні висоти нагнічування.

d) Нерівність робіт при русі толока вперед і назад значно послаблюється або навіть зовсім її не буває в так званих смоках двочинних, в яких за той і другий перебіг толока водночас відбувається і всмоктування й нагнічування. Розгляньмо, напр., пурначевий смок двочинний, зображений на фіг. фіг. 38 а, б (Weise & Monski—Halle) та 39 (Borsig—Berlin), що становить собою немов комбінацію двох смоків безпосереднього чину



Фіг. 39.

Число хлипаків тут, через це, удвоє більше, ніж при смокові безпосереднього чину, що становить, звісно, їхню хибу: погіршує роботу й подорожує вартість смока.

При малих смоках часом не роблять защілювачів у пурначів, а в циліндер, в якому перебігає пурнач, вставляють спижовий вкладень; цим смок, звісно, спрощується, але зате збільшується тертя.

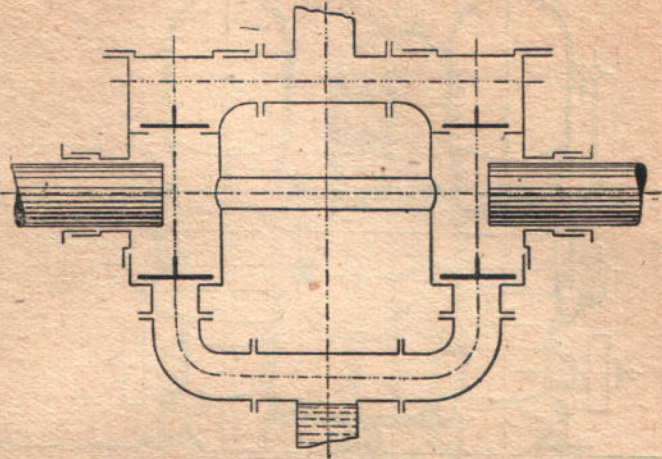
Нехай, як і раніш, площа пурнача F , перебіг його S і площа толочилна f . Тут підчас прямого перебігу (за стрілкою 1) пурнача течиво всмоктується в простір B_1 , але водночас із цим із простору B_2 , випирається в трубу C . Підчас зворотного перебігу течиво всмоктується в простір B_2 і нагнічується в трубу C з простору B_1 . За прямий перебіг подається течива $(F-f)S$ м³, за зворотний FS м³. Загальна кількість подаваного течива за 1 оберт вала буде таким робом:

$$(F-f)S + FS = S(2F-f) = Q,$$

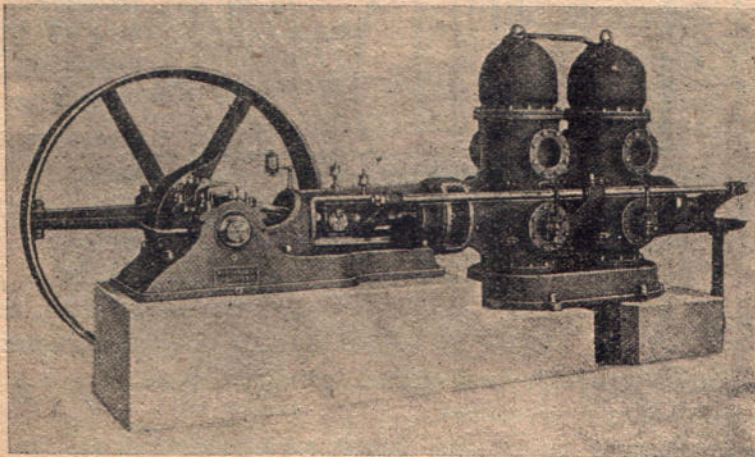
або

$$Q_d = \lambda S(2F - f) \frac{n}{60} \frac{M^3}{\text{сек}}$$

У розглядуванім типі смока нерівномірність робіт і подавань протягом того й другого перебігів толока залежить, очевидно, од відношення між F і f : що менш різниця $F - f$, цебто, що більше f , то подавання й робота будуть нерівномірніші, а ця різниця зменшується разом із збільшенням висоти нагнічування, бо тоді доводиться робити штангу соліднішу й грубшу; через це, за дуже великих висот нагнічування цієї конструкції смоків не вживають, а замінюють їх на іншу, подану на фіг. 40, де нерівномірности подавань і робіт уже зовсім нема. В цім останнім типі смока є два пурначі, що злучуються між собою коловим подвійним билом, з чого постає нова



Фіг. 40.



Фіг. 41.

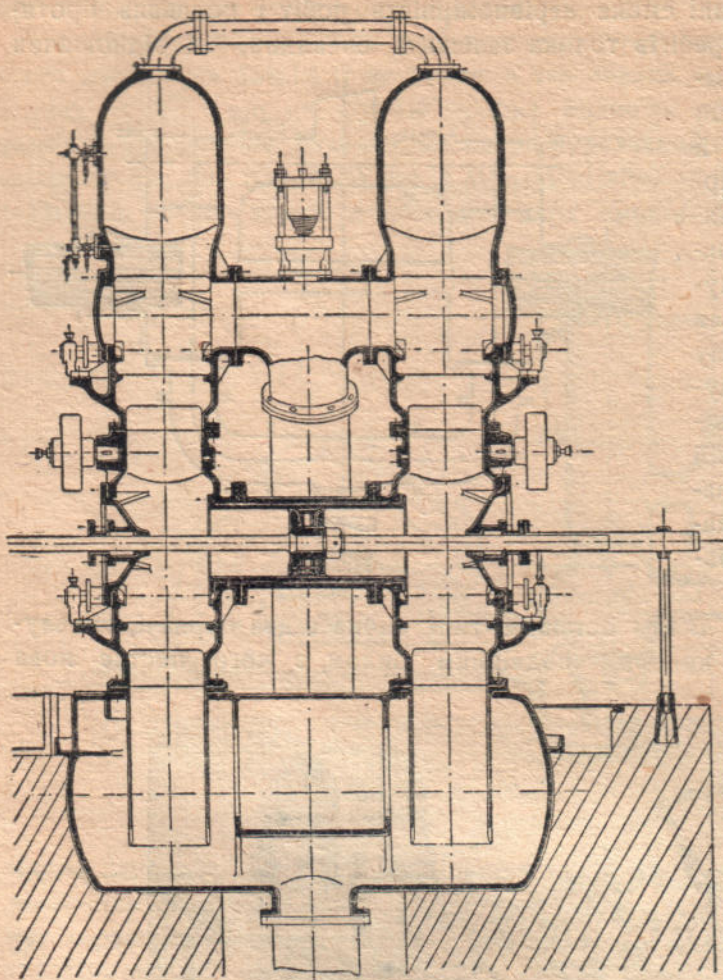
хйба цих смоків—завалистість конструкції. На фіг. 41 зображено зовнішній вигляд такого роду смока двочинного (Weise & Monski); при чім, як видно,

задній пурнач, що набирає руху від колової подвійної штанги, має спеціальні напрямні полозки. Спосіб чину смоків такого роду виразно видно з рисунка. Кількість подаваного на секунду течива буде:

$$Q_0 = \lambda S 2 F \frac{n}{60} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Хоч у смоків двочинних удвоє більш хлипаків, але зате, при тому самому Q , розміри хлипаків і перебіг їхній угору й донизу вдвоє менші, ніж при смоках безпосереднього чину; кожний з таких малих хлипаків дуже зручно можна виймати або ставляти на місце через бічний отвір.

Смоки двочинні конструюються також і з кружаловим толоком. На фіг. фіг. 42 і 43 (Borsig) зображений смок двочинний з кружаловим толоком для каналізаційних цілів. Далеко менша щільність між таким толоком і його циліндром, нерівномірність подавання й за-



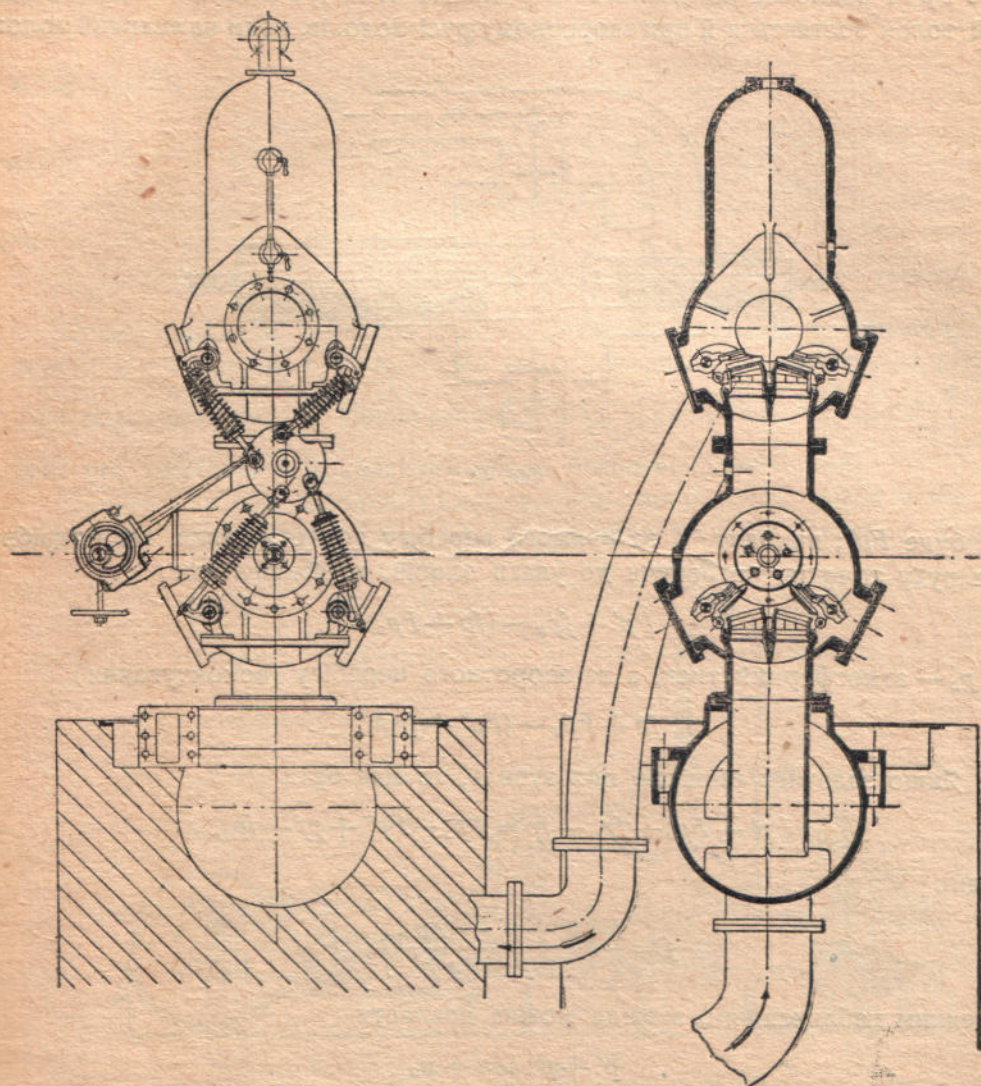
Фіг. 42.

валистість смока змушує найчастіш вживати його, як дешевого, й тільки при невеликих піднесеннях.

е) Вдосконаленіші смоки—це смоки диференційні, що їх можна сконструювати з пурначем, із кружаловим толоком, з кружаловим хлипаківим толоком і, нарешті, з трубчастим толоком. У смокові пурначевім може бути два пурначі: малий перекрою f і великий перекрою F .

Хлипаки містяться на боці великого пурнача (фіг. 44), простір же смока, коло малого пурнача, завжди злучений з напірною трубою. При

перебігу толока F уперед нагнічуване течиво спершу в кількості води fS сповнюватиме простір, звільнюваний малим толоком, а потому решта в кількості $(F-f)S$ уже надійде до напірного трубопроводу. При перебігові головного толока F назад лише малий толок нагнічуватиме течиво

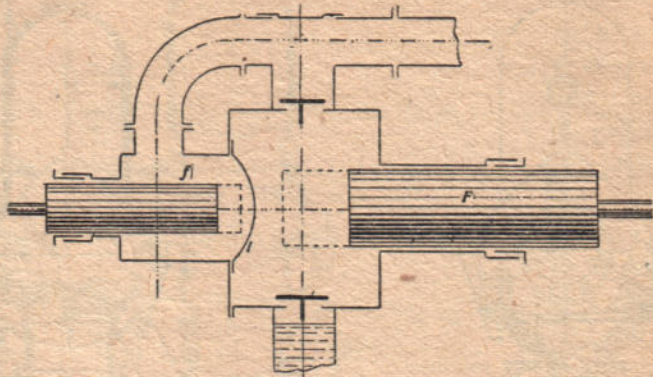


Фіг. 43.

до напірної труби в кількості fS . Хай тиск у просторі біля толока F під час нагнічування дорівнюватиме p' , а під час всмоктування p'' ; в просторі біля малого толока хай тиск буде p ; при всмоктуванні тиск $p < 1 \text{ атм.}$, а при нагнічуванні тиск p' більший за атмосферний й залежить від висоти нагнічування й гідравлічних опорів у хлипаку, коли нехтувати іншими опо-

рами; тиск p в камері малого пурнача можна вважати за однаковий за обох перебігів толока, якщо знов нехтувати опорами, і величина його залежить також від висоти нагнічування.

При перебігові толока F уперед тиск на його лобову поверхню дорівнює Fp' і водночас на малий також чинить тиск fp ; останній тиск на малий толок зостається й при зворотному русі толоків, коли на великий толок



Фіг. 44.

він буде Fp'' ; виходить ², за прямого перебігу повне зусилля, що потрібне для руху толоків, не беручи до уваги опорів, дорівнюватиме:

$$Fp' + fp_a - (fp + Fp_a),$$

де p_a — атмосферний тиск, а за зворотного перебігу (всмоктування)

$$fp + Fp_a - (Fp'' + fp_a).$$

Якщо задатися рівністю цих зусиль, то має бути

$$Fp' - Fp_a + fp_a - fp = Fp_a - Fp'' + pf - fp_a,$$

звідки

$$f = \frac{F}{2} \left(\frac{p' + p'' - 2p_a}{p - p_a} \right);$$

з деяким наближенням, завжди можна покласти

$$p' + p'' \approx p + p_a,$$

звідки

$$p = p' + p'' - p_a,$$

а тоді з попередньої рівності випливає

$$f = \frac{F}{2},$$

або

$$d = 0,707 D,$$

де d — поперечник малого пурнача, а D — поперечник великого.

Коли ще висунути умову, щоб і подавання при прямому перебігові толока $Q' = \eta_0 FS - fS$ дорівнювало подаванню за зворотного перебігу

$$Q'' = fS,$$

то матимемо:

$$\eta_0 FS - fS = fS,$$

звідки

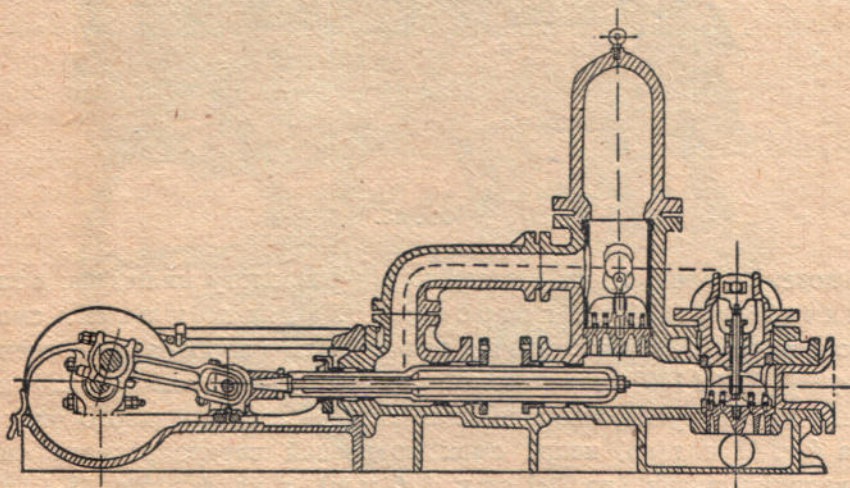
$$\eta_0 FS = 2fS$$

або

$$f = \frac{1}{2} \eta_0 F.$$

Отже, виходячи з різних умов, дістаємо, приблизно, однакову величину для площини f , бо η_0 надто мало різниться від одиниці за стараного виконання смоків. Повне секундне подавання смока $Q = \eta_0 FS \frac{n}{60}$, видима річ, однакове з подаванням смока безпосереднього чину.

Супроти смоків двочинних диференційні смоки мають удвоє менш хлипаків; крім того, мають тільки два защільники й набагато менш вилуча-



Фіг. 45.

ють шкідливого повітря. Головна ж вартість — це можливість домогтися приблизної рівності подавання й робіт за прямого й зворотного перебігів, і цим уникнути шкідливих ударів та поштовхів підчас роботи смока.

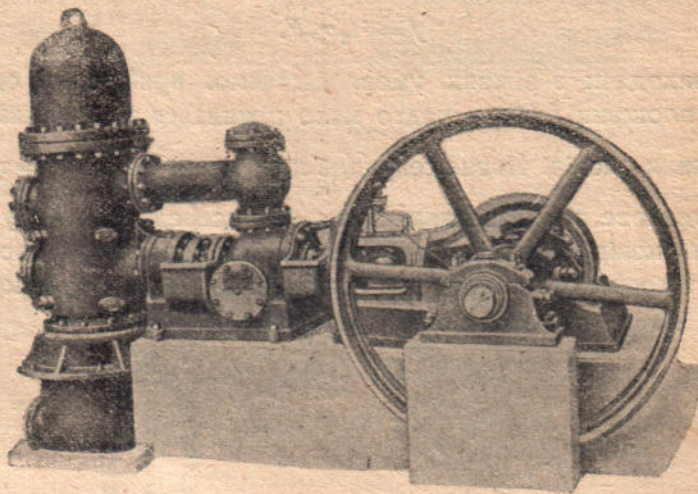
Роблять диференційні смоки і з одним пурначем (фіг. фіг. 45 і 46).

Перевага останнього типу — це його компактність супроти попереднього, при чім ті конструкції, що в них щільниці не доступні до огляду можуть бути вживані лише для напорів не більших за 60 м, навіть коли зовсім чиста вода; тих же конструкцій, де внутрішні щільниці замінені на защілки, підтягвані зовні (див. фіг. фіг. 45 і 46) можна вживати і для великих напорів.

Аналогічно згадують і смоки з диференційним кружаловим толоком. Вони мають, звичайно, всі властиві кружаловому толокові хиби, що за них уже згадувано вище.

Хлипакових диференційних смоків з трубчастим толоком тепер зрідка вживають, а тому їх не розглядатимемо.

f) Толокові смоки, oprіч підподілу на смоки безпосереднього чину, двочинні, диференційні та ін., часом підподіляють ще на смоки прямо-



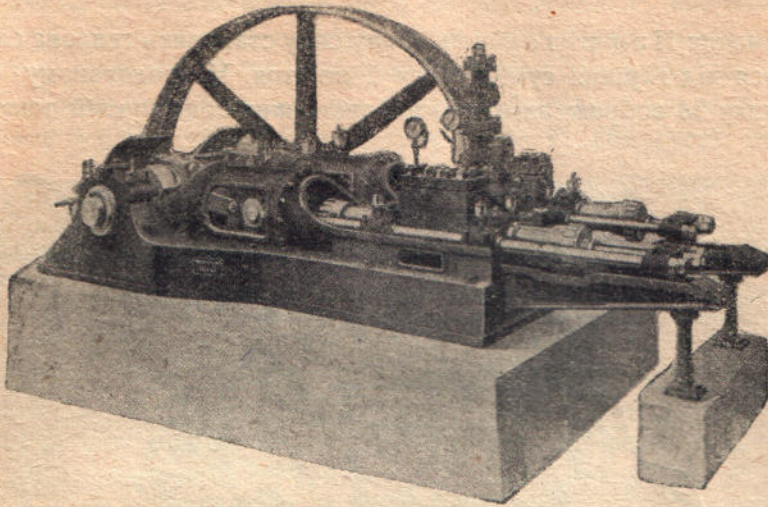
Фіг. 46.

висні, поземі, похилі (стінні), залежно від розпологу циліндрів, а також на одиничні, подвоєні, потроєні і т. д., як до кількості смоків, що злучуються разом і що роблять від одного вала, з корбами, посадженими під кутом у 90° , 120° і 180° одна до одної; при цім треба зауважити, що потроєне злучення застосовують виключно для смоків безпосереднього чину¹⁾.

На фіг. 47 подано, напр., смок подвоєний чотирикратного чину для дуже великих тисків (до 750 атм. і більш), а на фіг. фіг. 48 і 49 смоки потроєні, поземий і прямовисний, при чім перші два виробні Weise & Monski, а третій Borsig'a.

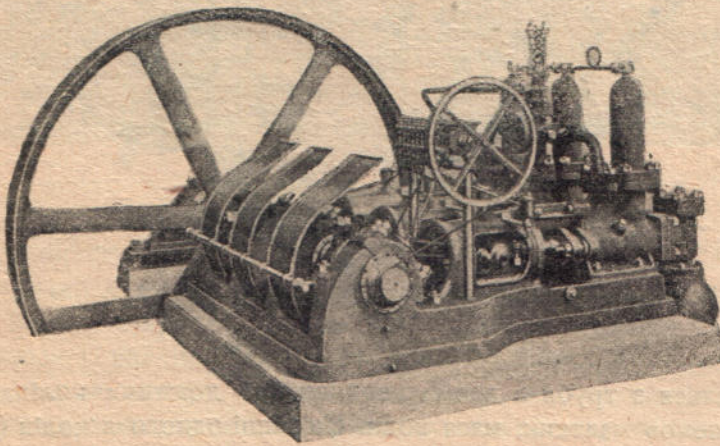
¹⁾ Критику теперішніх класифікацій толокових смоків і дійсно доцільнішу й належну класифікацію цих смоків дає проф. Худяков у своїй, надрукованій ще 1899 р., але й досі не застарілій книзі „Построение насосов“. Москва. Книгу цю, разом з атласом смоків, дуже рекомендуємо читачам.

На фіг. 50 зображено смок подвоєний поземий виробні Brünn-Königsfelder для безпосереднього чину від електромотора за допомогою ремінної



Фіг. 47.

передачі з натяжним коліщам, а на фіг. 51 смок тої самої виробні прямо-висного типу теж з ремінною повіднею від електромотора та натяжним коліщам; останній смок спеціального типу для пересмокування в'язких те-

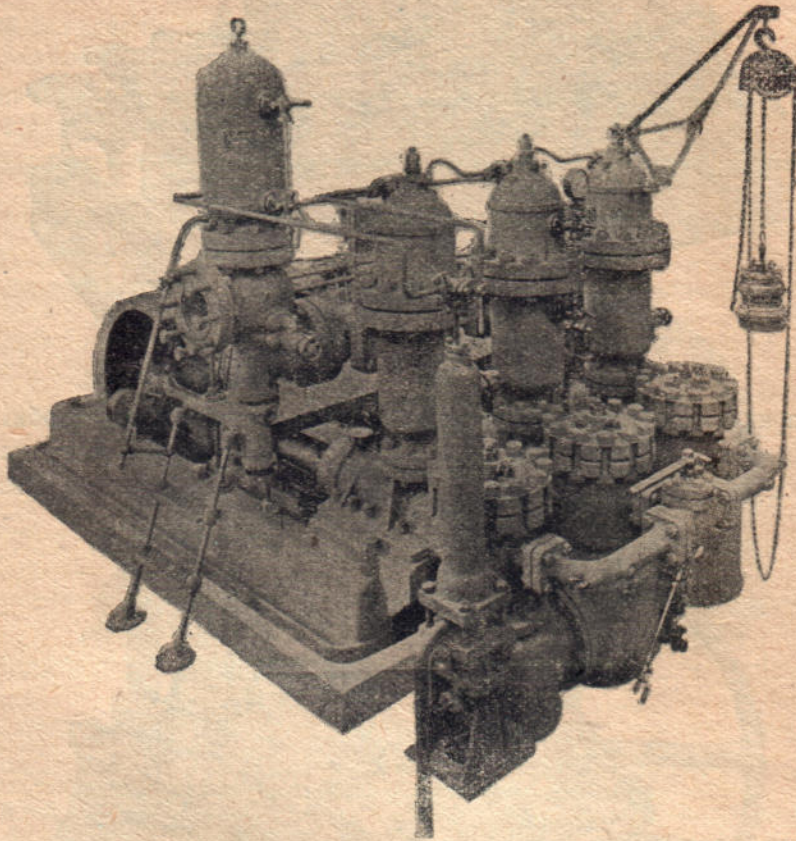


Фіг. 48.

чів (конічні й кульові хлипаки див. далі). Нарешті, на фіг. 52 зображено пересувний подвоєний смок прямовисного типу тої самої виробні з повіднею безпосередньо від електромотора для висмокування води в штреках на копальневих роботах.

§ 2. Смоки з прямолінійно-зворотним рухом стовпа течива, що править за толоч. Смоки Нитрґеу. Тарани.

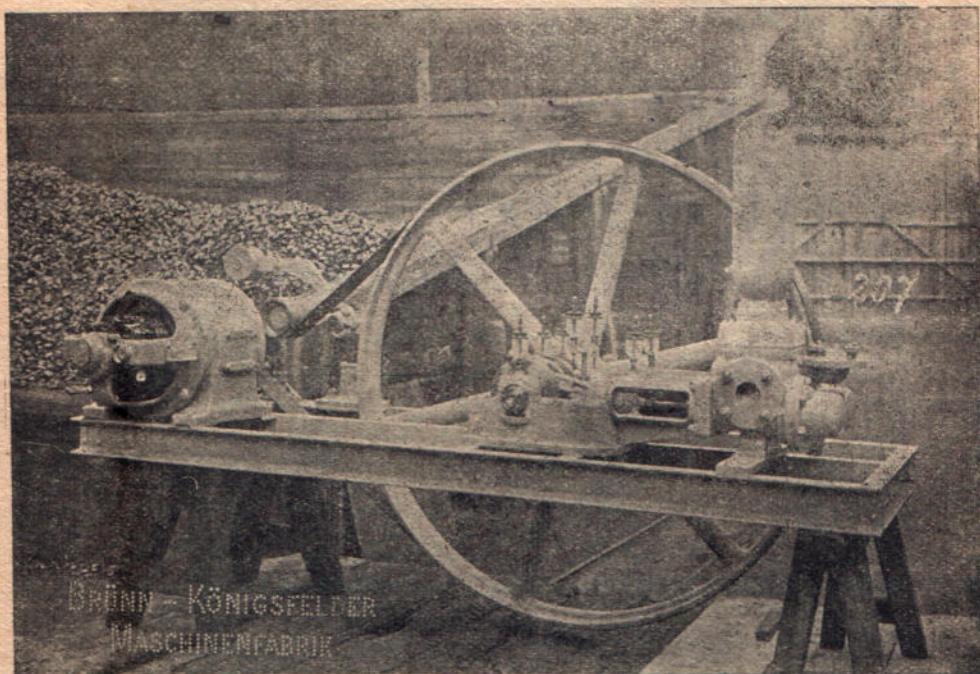
а) В смоках Нитрґеу'євих чинну силу становить тепла енерґія, що створюється від горіння суміші газу й повітря. На подаваному схематичному рисунку 53 зображена одна з найпростіших конструкцій таких смоків.



Фіг. 49.

Він складається з труби з двома неоднакової довжини колінами, в трубі хитається, немов маятник, маса води. На кінці одного з колін (коротшого) міститься камера горіння *A* з хлипаком *B* для входу суміші газу й повітря та з вихлипним хлипаком *C* для випуску продуктів горіння. Біля цього коліна коло початку труби *D* міститься резервуар *E* задля пересмокуваного течива; резервуар злучається з трубою *D* хлипаком *G*. Вхідний хлипак *B* держиться закритим підчас горіння суміші (вибуху), вихлипний хлипак так само вдержує закритим спеціальна заскочка, що її керується важелем, зв'язаним з хлипаком *G*.

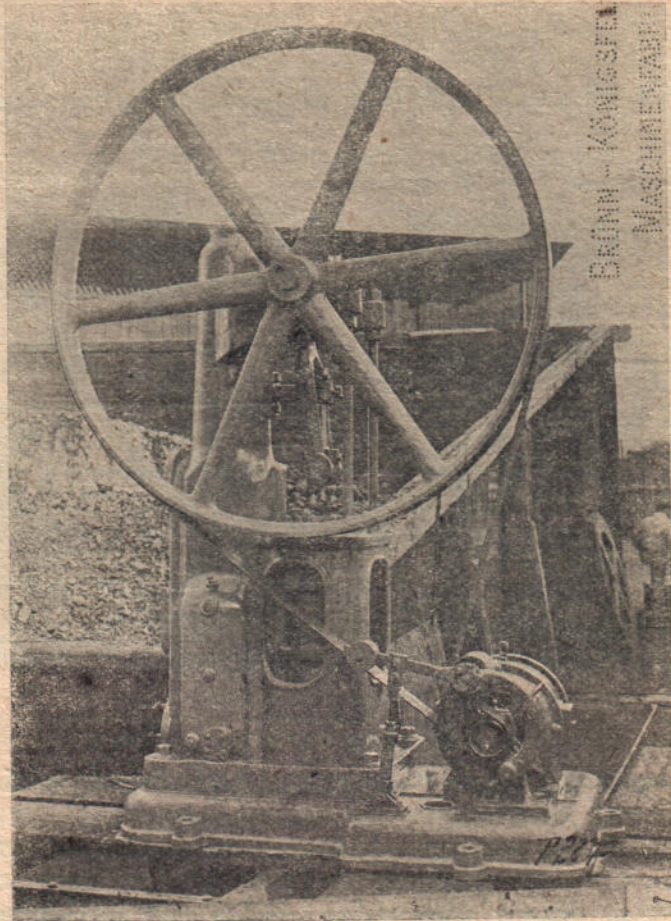
Припустімо тепер, що всі хлипаки закриті, і газова суміш, що стиснута в камері *A*, запалюється іскровою затичкою *K*. Тиск, що розвивається при цім, тисне на течиво й жене його до резервуара *F*. Набувши від чину тиску посування, течиво, видима річ, і далі переміщуватиметься доти, поки тиск зісподу хлипака *G* стане менший за тиск, що тисне на цей хлипак згори. Скоро це станеться, хлипак *G* відкривається і впускає якусь кількість течива з резервуара *E* в середину труби *D*. Продукти згорання під



Фиг. 50.

цей час розширюються до атмосферного тиску. Водночас відкриття хлипака *G* спричиняє відкривання вихлипного хлипака *C*, течиво починає вертатися назад і закриває хлипак *G* та випирає вихлипні гази з камери *A* крізь хлипак *C* надвір. Тим що останній хлипак міститься на деякій відстані нижче за камеру горіння, то течиво, що вертається, передусім своїм безпосереднім стиканням закриває хлипак *C*, закриваючи й далі стискуючи невеликий залишок продуктів згорання у верхній частині камери. Знов розширяючись і тиснувши на течиво, ці гази змушують його вдруге текти в напрямі до резервуара *F*, вірніш, хитнутись до нього, і в цей час вводять до камери згорання нову пайку пальної суміші газу й повітря. Підчас наступного зворотного, далі, руху течива (хитання) ця газова суміш стискується й запалюється іскровою затичкою *K*, потому починається новий цикл описаних явищ.

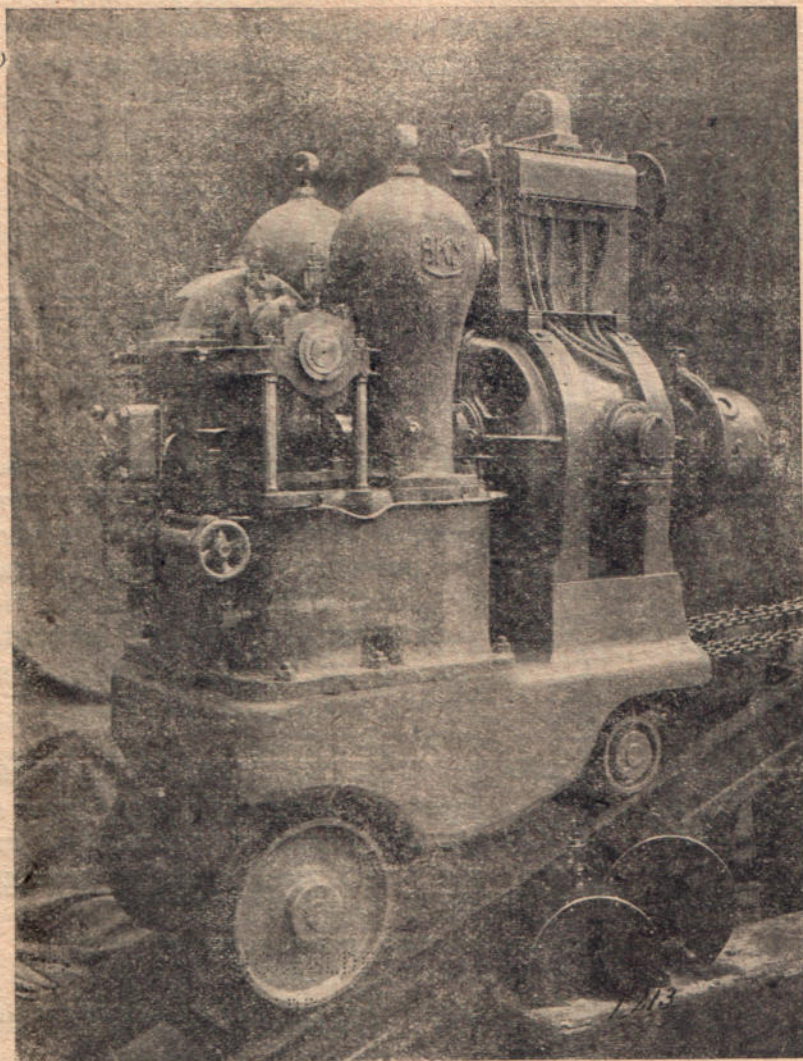
Описаний цикл явищ у смоці Humphrey виразно можна бачити на знятих з нього діаграмах; одну з них у трохи ідеалізованому вигляді подано на фіг. 54; на цій діаграмі точка 1 відповідає моментові вибуху пальної суміші, за яким починає підноситись тиск з p_1 до p_2 . Крива 2—3 відповідає набутому підчас вибуху рухові водяної маси, при чім цей рух відбувається з дедалі збільшуваною кінетичною енергією доти, поки тиск дорівнюватиме висоті нагнічування; за точкою 3 (атмосферний тиск) вода,



Фіг. 51.

під чином невтраченої ще кінетичної енергії, далі посувається нагнітною трубою аж поки цілком витратиться ця енергія, і за цей час з труби до нагнітного резервуару виливається, обсяг течива v_4-v_2 . Коли кінетична енергія останнього цілком витратиться, й увійде свіже течиво в обсязі v_4-v_0 , течивний стовп хитається назад від 0 до 5 і закриває вихлипний хли-

пак, як зазначено вище, безпосереднім своїм дотиканням; рух течива, що ще триває далі в тому ж напрямі, поступінно загаюючись, закінчується в точці 6, потроху стискуючи при цім захоплені вихлипні гази. Течивна

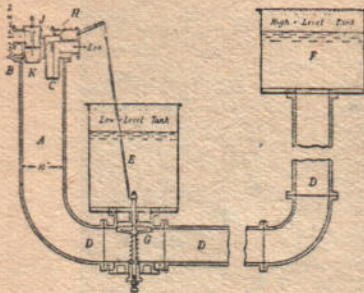


Фіг. 52.

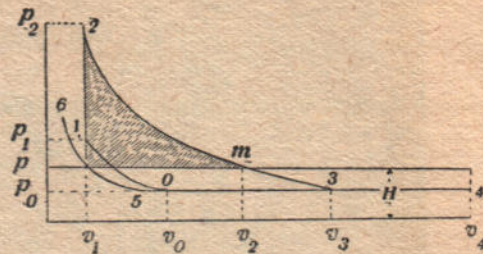
маса потому знову рухається назад, а біля точки 5 відкривається впускний хлипак для газової суміші і впускає її всередину; суміш за наступного далі руху течивної маси вперед стискується по кривій від 0 до 1, де знов постає вибух газів.

Описана конструкція смока Humphrey і самий спосіб роботи не є оди-

ничні. Навпаки, маємо багато різних відмін у конструкції смока. Одна з таких відмін, напр., становить те, що механізм, що зв'язує всисний і вихлипний хлипаки, викидається, але зате заводиться зв'язок між хлипками впускним газовим і вихлипним, отож, ці хлипаки вже керують один одним. На фіг. 55 зображена, напр., далі, конструкція смока Humphrey, придатна для пересмокування кислот або брудних піскуватих течив; ця конструк-



Фіг. 53.



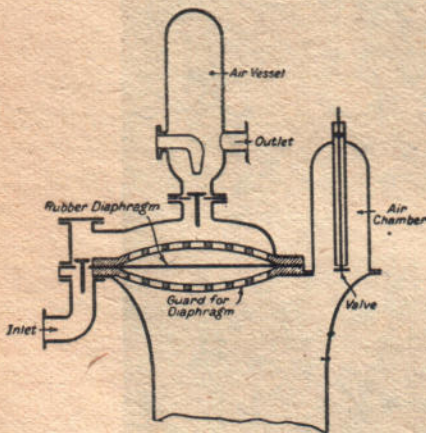
Фіг. 54.

ція відрізняється від описаної вище тим, що, замість безпосереднього злучення живильного резервуара хлипаком із робочою трубою, застосована діафрагмова камера і, таким робом, пересмокуване течиво відокремлене від робочого стовпа течива, що хитається.

Далі, описаний тип смока Humphrey робить, видима річ, за чотиритактовим циклом, але вже здавна почали з'являтися такого роду смоки, що роблять і за двотактовим циклом¹⁾.

Хоча смок Humphrey простий своєю ідеєю, а, проте теорія його досить складна. Не спиняючись на докладному наведенні цієї теорії, що її розробив дуже докладно Dr. W. John Walker²⁾, ми подамо тільки основні результати цієї теорії.

Коли назвемо k_v —питоме тепло при сталім обсязі, k_p —те ж тепло при сталім тиску,



Фіг. 55.

1) Engineering. 1911, травень.

2) Walker, W. J. The Humphrey Pump. Theoretical Investigation into the Rate of Working, Power and Efficiency of the Humphrey Pump under Different Delivery Heads. Engineering. 1921, стор. 157—158.

Щодо смоків Humphrey зазначимо ще таку літературу:

Humphrey, H. A. An Internal Combustion Pump and other Applications of a New Principle. Proc. Instit. Mech. Engineers. 1909, стор. 1075.

Engineering. 1913. XI, and 1923. XII.

The Philosophical Magazine, 1917. IX.

Proc. Inst. of Mech. Engineers. 1920. XII

γ — відношення $\frac{k_p}{k_v} = 1,43$, r — міру стиснення в смоці, α — відношення зазначених вище тисків $\frac{p_2}{p_1}$ (тиски виражені в *lbs*; 1 *кг* = 2,2 *lbs*), T_0 — граничну температуру всмокування, що її береться за 333° абсолютних, або 60° С, і T взагалі температуру в абсолютних градусах, n — число циклів на хвилину, v_c — максимальну швидкість (на фути в сек.) підчас процесу стискання, v_e — максимальну швидкість підчас розширення, H — напір на фути, λ — відношення $\frac{s}{B} = 0,000283$, де s і B сучинники в співвідношенні $k_v = B + sT$, N — потужність смока, η — термодинамічний сучинник видатности, то, за Walker'ом,

$$N = \frac{62,4 \cdot (v_4 - v_1) (H - 34) n}{33,000} \text{ сил мех. коня.}$$

$$\eta = \left\{ 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} \gamma \frac{(\alpha)^{\frac{1}{\gamma}} - 1}{\alpha - 1} \right\} \left\{ 1 - \frac{\lambda T_0}{z} (\alpha + 1) \right\},$$

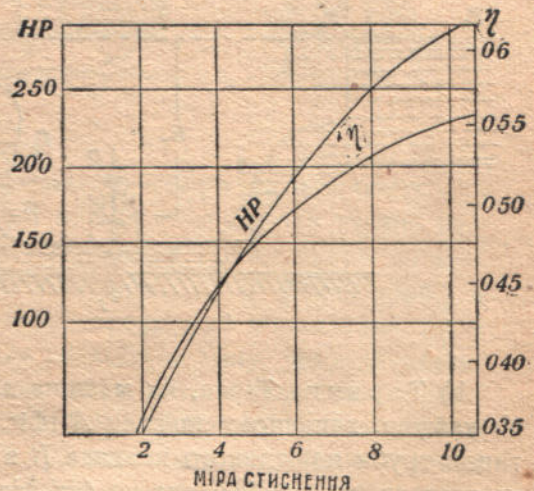
$$n = \frac{v_c \cdot v_e \cdot 60 \cdot 0,637}{3(v_0 - v_1)v_e + (v_4 - v_1)v_c},$$

де решта позначень уже відома.

Подавані тут діаграми (фіг. фіг. 56 і 57) ілюструють розглядувані залежності; з цих діаграм видно, що термодинамічний сучинник видатности в міру того, як збільшується стискування, щодалі зростає і за прийнятих степенів стискань (2 ÷ 10) коливається в границях 0,359 ÷ 0,558; число ж циклів має максимальну величину при певній мірі стискання.

Як практика¹⁾ показує, механічний сучинник видатности устав із смоками Humphrey досягає величини 0,81 ÷ 0,82 і більш; повний же сучинник видатности всієї устави, включаючи й газогенератори, коливається в границях 0,13 ÷ 0,15 і навіть досягає часом 0,16.

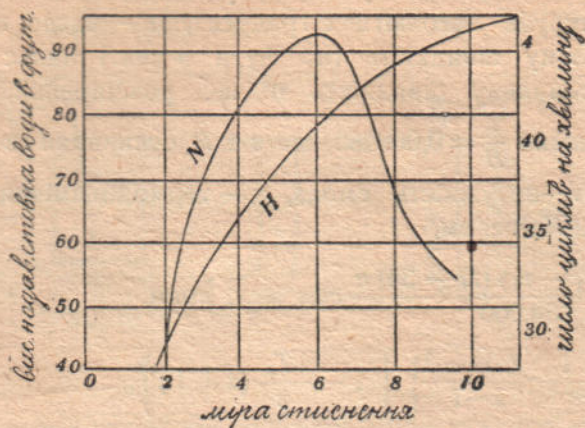
Смоки Humphrey останніми часами набувають чимраз усе більшої звісности, і застосовувати їх надто вигідно там, де можна мати пальні гази, як бічний продукт від інших ви-



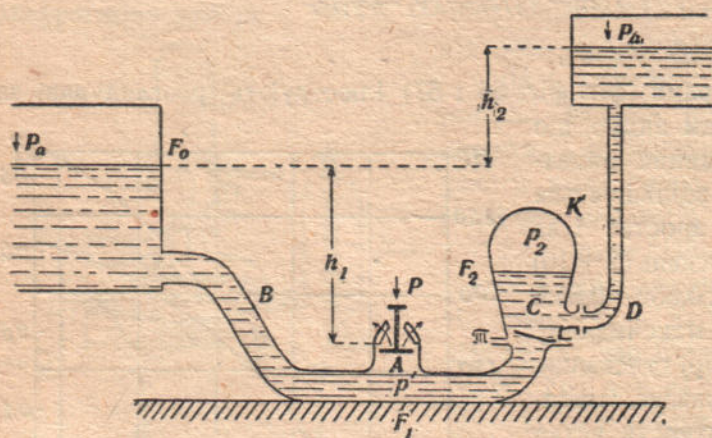
Фіг. 56.

¹⁾ The Ingeneering. 1923. XII.

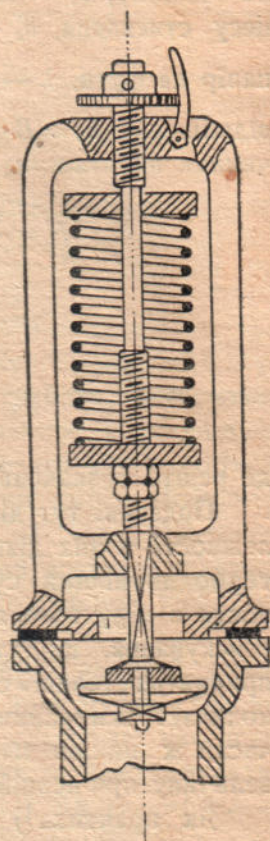
робництв, або де видобувати їх можна з дешевих сортів палива; царина їхнього застосування—невеликі, розмірно, висоти подавання води ($9 \div 15$ м) за чималих подавань останньої ($1,5 \div 2,5$ м³/сек); головню, їх вживають покищо для іригації. Для піднесення одного м³ води витрачається $0,03 \div 0,05$ мех. кін. сили/год.



Фіг. 57.



Фіг. 58.

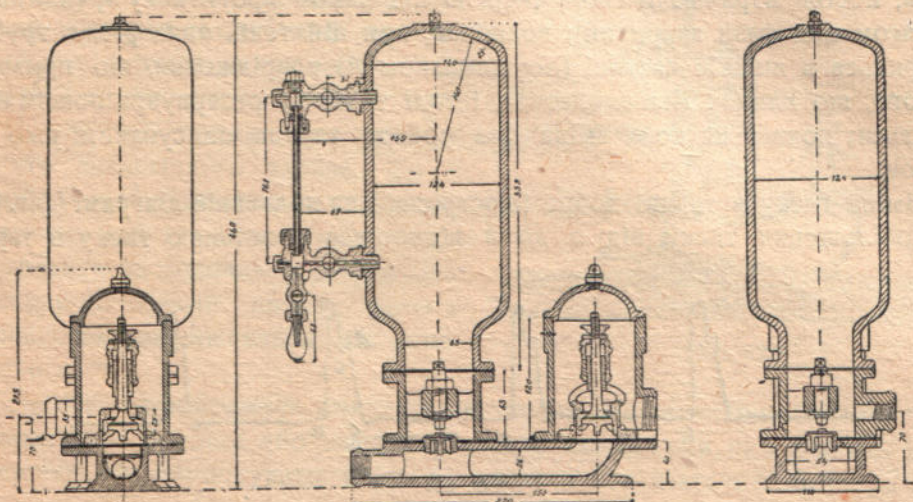


Фіг. 59.

б) Тарани. Таран, як машина для піднесення течив, становить, власно кажучи, хлипакову злагоду *A* (фіг. 58) і злучений з нею короткий відтинок труби повітряного ковпака *K* з хлипаком *C*; хлипак *A*, що детальна злагода його зображена на фіг. фіг. 59 і 60, може відкриватися лише в середину труби, хлипак *C* може відкриватися лише в середину ковпака. Потрібні частини тарана—це також достатньої довжини труба *B*, що подає воду з резервуара, водоймища, джерела й т. ін. до тарана під напором (робочим) h_1 , і нагнітна труба *D*, що подає від тарана воду до приймальної посудини або резервуара на корисну висоту h_2 (див. фіг. 58). На фіг. 60 невеликий лабораторний таран подано в деталях і показано роз-

міри; як бачимо, у цього тарана послідовність розміщення випускного хлипака й повітряного ковпака інша, супроти зображеного схематично на фіг. 58.

Спосіб роботи тарана такий: натиском на хлипак *A* вгорі відкривається під хлипаком отвір; через це вода з приймального посуду трубою *B* починає витікати через указаний допіру отвір, при чім витікання відбувається з чимраз збільшуваною швидкістю, бо, з одного боку, і хлипак *A* відкривається все ж не в мить, а з другого, і інерція води не дає їй набрати відразу нормальну швидкість. Добираючи відновної величини обтяження або розмірів пружини (фіг. 59), легко дося-



Фиг. 60.

гати того, що хлипак *A* негайно ж закривається, скоро по швидкість течії в трубі *B* доходить певної границі. Ця перша фаза роботи тарана відбувається протягом якогось надто короткого часу t_1 . Отже, скоро по хлипак закрився, швидкість течії води під хлипаком, та й у всій трубі, в мить падає до нуля, переходячи в набагато переважний нормальний тиск; постає явище (гідравлічний удар), цілком аналогічне тому, що відбувається у водотяжних або в тих трубах, якими підводиться воду до турбін, коли в мить закрити вихідний отвір труби¹⁾. Добутого побільшеного тиску буває за певного відношення h_1 і h_2 досить для того, щоб підняти хлипак *C*, виперти якусь кількість води крізь створений хлипаком отвір у середину повітряного ковпака *K* і далі напірною трубою *D* до приймального посуду. Отже, коштом гідравлічного удару вода підноситься тут на висоту, що перебільшує на величину h_2 нормальний робочий напір h_1 .

Після того, як тиск буде витрачений на згадане подавання води до приймальної посудини, при чім на цю фазу потрібен буде деякий новий

¹⁾ Див. Пинегин, В. Н. Гидравлика. Одеса. 1926. Розд. VII, § 6, ст. 182

час t_2 , настає 3-я фаза роботи тарана. А що у кінці другої фази рух води у повітряному ковпаці й напірній трубі припиниться, то статичний тиск у трубі D буде більший за тиск від резервуара, що живить (на величину h_2), а через те вода в напірній трубі почне, поки ще хлипак C незакритий, рухатися з зворотному напрямі; хлипак, звичайно, почне закриватись, але, тим що закриття відбувається все ж не в мить, а протягом, щоправда, надто короткого часу t_3 , то за цей час частина води з напірної труби встигне витекти назад у підвідну трубу B .

Ця витікла вода дає початок новій і останній фазі роботи тарана, протягом t_4 якої вода рухається трубою B в напрямі до живильного резервуара, поволі втрачаючи свою енергію під чином протитиску h_1 (хлипак C протягом цієї фази закритий); водночас, при цій течії, явна річ, в трубі B утвориться в нижній частині (під хлипаком A) розрідження, що призведе до того, що хлипак A відкриється, і тоді течія до резервуара зовсім припиниться; почнеться нова зміна фаз роботи тарана описуваним уже порядком.

Зміна тиску в тарані добре ілюстрована на подаваній діаграмі (фіг. 61), де побільшення тиску від a до b відповідає зростанню тиску в тарані



Фіг. 61.

після закриття хлипака A , невелике побільшення тиску за точкою b відповідає підняттю хлипака C , а за цим підняттям негайно ж іде зменшення тиску до c ; нове невелике побільшення тиску від c до d постає після закриття хлипака C , а потому йде дальше зменшення тиску до e , де тиск нижчий проти атмосферного, коли відкривається хлипак A . Сливце позема пряма eg відповідає часові, коли вода знов починає підтікати до хлипака A трубою B із щораз збільшуваною швидкістю і при незміннім тиску, а при g із закриттям хлипака A починається нове піднесення тиску й т. д.

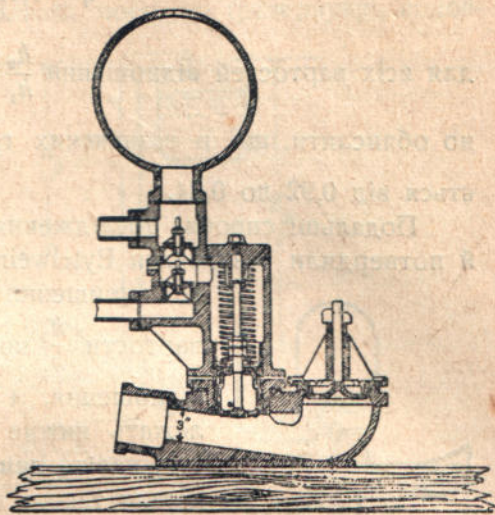
Не вважаючи на те, що сучинник видатности, як побачимо далі, за малих вартостей відношення $\frac{h_2}{h_1}$ досягаючи величини $0,8 \div 0,9$, набагато зменшується із збільшенням цього відношення й сягає величини $0,2 \div 0,1$; не вважаючи, далі, на малу видатність цього смока, все ж тарани, через простоту своєї злагоди, невибагливість щодо догляду та дешевину, привертають до себе великі симпатії і набули великого поширення, надто в сільсько-господарській практиці, а також в хемічній промисловості, причім в останній царині для пересмокування всіляких течив конструцію та-

рана змінюють у тім напрямі, щоб робочу воду відділяти від пересмокуваного течива.

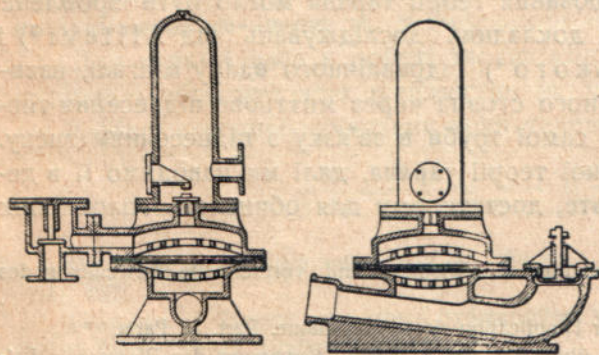
На фіг. 62 зображено, напр., таран, де це відділення відбувається за допомогою показаного на рисунку циліндричного толочка. Не трудно бачити, що за зменшення тиску під випускним хлипаком *A* толочок спускається й крізь нижній лівий хлипак відбувається засмоктування пересмокуваного течива, коли ж випускний хлипак у мить закривається, й побільшується під ним тиск, толочок піднімається догори й випирає засмоктане вже течиво крізь верхній лівий хлипак до нагнітної труби.

На фіг. 63 подано конструкцію другого аналогічного тарана, що в ньому течива розділяються за допомогою гнучкої тремтівки (мембрани), що править за толочок у попередній конструкції. Самий процес роботи тарана нічим не різниться від попереднього.

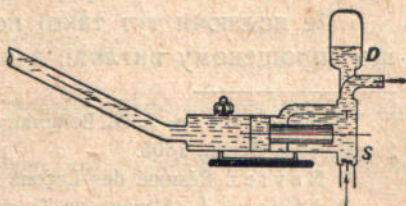
На фіг. 64 зображена конструкція тарана, що, навпаки, дає змогу, користаючись з брудної або взагалі не досить чистої води, як з робочої води, підносити або висмокувати, напр., з колодязя або взагалі бідного на воду джерела, чисту воду. За відділювача цих обох течив править тут диференційний толочок, що під впливом зміни



Фіг. 62.



Фіг. 63.



Фіг. 64.

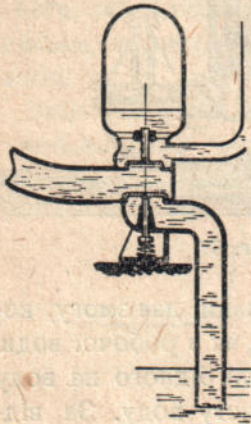
тиску під хлипаком *A* всмоктує й нагнічує чисту воду. На фігурі через *S* означена всисна труба, а через *D* — нагнітна труба. Якщо в останній конструкції усунути толочок-відділювач, то, ясна річ, матимемо таран, що з нього можна користатися, роблячи чистою ж водою для висмокування води з колодязів, джерел і т. ін., всмоктуючи останню (фіг. 65).

Перше докладне експериментальне дослідження роботи тарана зробив був ще Eytelwein¹⁾; він на підставі своїх 1123 дослідів установив для його сучинника видатности таке відношення

$$\eta = 1,12 - 0,2 \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

для всіх вартостей відношення $\frac{h_2}{h_1}$, що лежать у границях 1 ÷ 20; не трудно обчислити, що в зазначених границях вартостей $\frac{h_2}{h_1}$ сучинник змінюється від 0,92 до 0,24.

Подальші спробні дослідження інших експериментаторів, хоча взагалі й потвердили результати Eytelwein'ових дослідів, але водночас показали, що зменшення сучинника видатности за збільшування вартости $\frac{h_2}{h_1}$ починається лише з деякої вартости цього відношення, а при вартостях цього відношення, що лежать нижче цієї, так мовити, найкориснішої вартости, навіть дещо збільшується; ці пізніші досліди показали також, що сучинник видатности тарана залежить ще й від інших чинників, як от обтяження хлипака, довжина трубопроводів і т. ін.



Фиг. 65.

Щодо теорії таранів, то вона становить одну з найтрудніших задач прикладної гідравліки й її в досить повному вигляді дав був ще Navier²⁾, хоча досконаліше опрацювання теорії тарана могло бути зроблене лише після докладних досліджень від Allievi³⁾ і Жуковського⁴⁾ гідравлічного вдару взагалі, взявши до уваги вплив стиску водяного стовпа через миттєве піднесення тиску, а також вплив деформацій самої труби в зв'язку з піднесенням тиску.

Не подаючи тут такої повної теорії тарана, далі ми наводимо її в дещо спрощеному вигляді, а проте, достатньому для обчислень головніших

1) Eytelwein, J. A. Bemerkungen über die Wirkung und vortheilhafte Anwendung des Stosshebers. Berlin, 1805.

2) Navier. Résumé des Leçons sur l'application de la Mécanique. Part. II. Paris.

3) Allievi, L. Allgemeine Theorie über die veränderliche Bewegung des Wassers in Leitungen. Berlin, 1909.

Allievi, L. Théorie du coup de bélier. Paris, 1921.

4) Жуковский, Н. Е. Бюллетени Политехнического О-ва. 1899. № 5. Москва.

З інших робіт про тарани вкажемо:

Weisbach, I. Die Mechanik. Braunschweig, 1851—1860. Abt. II.

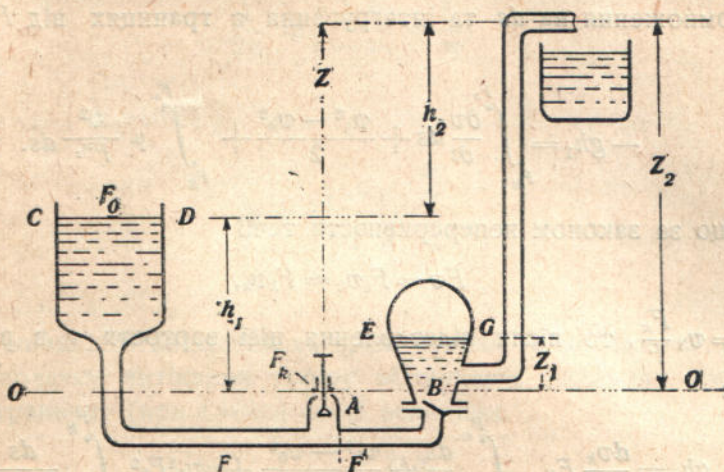
Steen. Hydraulischer Widder mit selbsttätiger Inbetriebsetzung System Joen. Metallarbeiter. 1901

Mead Daniel, W. A large Hydraulic Ram. Engineering Record. 1901.

Mead Daniel, W. Hydraulischer Widder. Uhlands Journal. 1902.

елементів у роботі тарана і виявлення основних характеристичних властивостей його роботи.

Для визначення положення рівня течива в устаті тарана виберемо основну площину, від якої будемо відлічувати ці положення, що проходить крізь отвір хлипака A (фіг. 66), і означимо прямовисні віддалення цієї площини до рівнів течива в живильній посудині (резервуарі, водой-



Фиг. 66.

мищі тощо), в повітряному ковпакові і підчас витікання з нагнітної труби, відповідно, через h_1 , z_1 і z_2 . Означимо, далі, площі поперечного перекрою посудини, що живить (на висоті рівня CD течива), труби та отвору хлипака відповідно через F_0 , F і F_k , а швидкості протікання течива крізь відповідні перекрої—через v_0 , v і v_k .

Для першої фази в роботі тарана, коли течиво підтікає до хлипака A із щодалі збільшуваною швидкістю, за прийнятих означень і напрямку осі z , відоме основне рівняння течії течива

$$g \frac{dz}{ds} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} = \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial s} + \mu \frac{v^2}{F^{1/2}}, \quad [1]$$

Wood, A. J. The Determination of the Efficiency of Hydraulic Rams. Stevens Institute Indicator. 1902.

Blasius, H. Theorie eines neuen hydraulischen Widders mit zwangläufiger Steuerung für grosse Wassermengen. Glasers Annalen. 1910.

Lorenz, H. Technische Hydromechanik. München und Berlin. 1910.

Бубекін, Б. М. Гидравлический таран. Бюллетени Политех. О-ва. 1910 № 1.

Бахметев, Б. А. Введение в изучение неустановившегося движения жидкости. Вып. I и II. Петербург. 1913.

Ахутин, Лубны-Герцык, Орлов, Рот. Лабораторное исследование гидравлического тарана. Изв. Петроград. Политехн. Инст. 1915.

Anderson, E. W. Hydraulic Rams. Proc. Instit. Mechanic. Engineers. № 2. 1922, стор. 337.

Gibson, A. H. Hydraulics and its Applications. London. 1925, стор. 664 та далі.

де g — пришвидшування тягара, ρ — густина течива, p — тиск в ньому, μ — сучинник, що з нього обраховується гідравлічні опори, s — довжина шляху течива, набирає вигляду

$$g \frac{dz}{ds} - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{ds} = \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial t} + \mu \frac{v^2}{F^{1/2}}, \quad [2]$$

а після помноження на ds та інтегрування в границях від F_0 до F_k , матимемо

$$-gh_1 = \int_{F_k}^{F_0} \frac{\partial v}{\partial t} ds + \frac{v_0^2 - v_k^2}{2} + \int_{F_k}^{F_0} \mu \frac{v^2}{F^{1/2}} ds. \quad [3]$$

Тим що за законом неперервності течії

$$Fv = F_0v_0 = F_kv_k,$$

звідки $v = v_k \frac{F_k}{F}$, то після підставлення цієї вартости v в рівняння [3]

матимемо:

$$gh_1 = \frac{dv_k}{dt} F_k \int_{F_0}^{F_k} \frac{ds}{F} + \frac{v_k^2 - v_0^2}{2} + \mu v_k^2 F_k^2 \int_{F_0}^{F_k} \frac{ds}{F^{3/2}}. \quad [4]$$

Не зважаючи тепер на швидкість v_0 , як малу (за досить великої площини F_0) супроти швидкості v_k і заводячи означення

$$F_k \int_{F_0}^{F_k} \frac{ds}{F} = L_0, \quad 2\mu F_k^2 \int_{F_0}^{F_k} \frac{ds}{F^{3/2}} = \xi, \quad [5]$$

знаходимо

$$gh_1 = \frac{dv_k}{dt} L_0 + \frac{v_k^2}{2} (1 + \xi), \quad [6]$$

звідки, заводячи нові означення

$$\frac{2L_0}{1 + \xi} = m, \quad \frac{2gh_1}{1 + \xi} = u^2,$$

маємо

$$m \frac{dv_k}{dt} = u^2 - v_k^2 \quad [7]$$

або

$$\frac{dv_k}{u^2 - v_k^2} = \frac{dt}{m}.$$

Інтегрування цього рівняння дає нам скінчене рівняння вигляду:

$$\frac{1}{2u} \ln \frac{u+v_k}{u-v_k} + C = \frac{t}{m},$$

де C —довільна постійна; але тим що за $t=0$, видимо, і $v_k=0$, то й $C=0$, а тому

$$\frac{1}{2u} \ln \frac{u+v_k}{u-v_k} = \frac{t}{m}, \quad [8]$$

звідки

$$v_k = u \frac{1 - e^{-\frac{2u}{m}t}}{1 + e^{-\frac{2u}{m}t}} \quad [9]$$

Отже, швидкість витікання v_k крізь хлипак A , досягаючи по t секундах після початку витікання допіру відшуканої величини, буває завжди менша за граничну (при $t=\infty$) своєї величини:

$$u = \sqrt{\frac{2gh_1}{1+\xi}}.$$

Досліди Harza¹⁾ показали, що формула [9] приводить до наслідків дуже близьких до таких же, одержуваних за експериментальних досліджень.

Гранична можлива вартість швидкості v_k в дійсності, певна річ, залежить водночас від обтяження (P) хлипака A і може бути одержана на основі таких міркувань. Тиск на хлипак з боку течива $F_k [p' - p_a]$ (де p' —тиск в трубі під хлипаком A і p_a —атмосферний тиск над хлипаком) під час періоду витікання, що зостається менший супроти обтяження P хлипака і лише в самий момент закриття останнього стає однаковий з цим обтяженням. Таким робом, взагалі

$$p' - p_a < \frac{P}{F_k}. \quad [10]$$

Тепер з рівняння [2], інтегруючи його в границях від центру труби під хлипаком до отвору хлипака, нехтуючи при цім на цьому короткому шляху членом gdz , явно маємо:

$$-\frac{p_a - p'}{\rho} = \frac{dv_k}{dt} F_k \int_0^{F_k} \frac{ds}{F} + \frac{v_k^2 - v'^2}{2} + \mu v_k^2 F_k^2 \int_0^{F_k} \frac{ds}{F^{1/2+2}}$$

1) Harza. Bulletin of the University of Wisconsin. 1908, № 205, стор. 211.

або, заводячи позначення

$$F_k \int_{F'}^{F_k} \frac{ds}{F} = l_1 u 2^{\frac{1}{2}} F_k^2 \int_{F'}^{F_k} \frac{ds}{F^{\frac{1}{2} + 2}} = \xi_1,$$

а також заміняючи швидкість v' через очевидну вартість $v_k \frac{F_k}{F'}$, матимемо

$$-\frac{p_a - p'}{\varrho} = \frac{dv_k l_1}{dt} + \frac{v_k^2}{2} - \frac{v_k^2 F_k^2}{2 F'^2} + \frac{v_k^2}{2} \xi_1,$$

або

$$\frac{p' - p_a}{\varrho} = \frac{dv_k}{dt} l_1 + \frac{v_k^2}{2} F_k^2 \left[\frac{1 + \xi_1}{F_k^2} - \frac{1}{F'^2} \right],$$

або, наостанці, означуючи вираз $\frac{F_k^2}{2} \left[\frac{1 + \xi_1}{F_k^2} - \frac{1}{F'^2} \right]$ через k , находимо

$$\frac{p' - p_a}{\varrho} = \frac{dv_k}{dt} l_1 + v_k^2 k. \quad [11]$$

Отже, нерівність [10] набирає тепер вигляду

$$\frac{P}{F_k \varrho} \geq \frac{dv_k}{dt} l_1 + k v_k^2,$$

або, підставляючи вартість $\frac{dv_k}{dt}$ з рівняння [7],

$$\frac{Pm}{F_k \varrho} \geq (u^2 - v_k^2) l_1 + km v_k^2 \approx u^2 l_1 - v_k^2 (l_1 - km), \quad [12]$$

звідки для граничної вартості (c_k) швидкості v_k дістаємо величину

$$c_k^2 = \frac{\frac{Pm}{F_k \varrho} - u^2 l_1}{km - l_1}, \quad [13]$$

що має бути все ж менша за u ; таким чином $\frac{\frac{Pm}{F_k \varrho} - u^2 l_1}{km - l_1} < u^2$, звідки легко находимо $P < u^2 k F_k \varrho$, або, підставляючи вартість u^2 ,

$$P < 2 \delta h_1 F_k \frac{k}{1 + \xi}. \quad [14]$$

З другого боку, для початкового моменту течії, коли $v_k = 0$, маємо з (12) $P > \frac{u^2 l_1}{m} F_k \varrho$, або, підставляючи вартості u^2 та m ,

$$P > \delta h_1 F_k \frac{l_1}{L_0}. \quad [15]$$

Таким робом, нерівності [14] і [15] визначають ті границі обтяження, що за даних умов (робочий напір h_1 , площа хлипака F_k , довжина L_0 та ін.) повинен мати хлипак для правильного функціонування тарана; між іншим, з [15] випливає, що обтяження хлипака має бути то більше, що менша довжина L_0 і навпаки. Легко також одержати й кількість течива, що під цю першу фазу роботи тарана проходить крізь хлипак А. І справді, очевидно, що взагалі

$$dQ_1 = F_k v_k dt,$$

а через те, що з рівняння [7] випливає, що $dt = \frac{m}{u^2 - v_k^2} dv_k$, то

$$dQ_1 = \frac{F_k v_k m}{u^2 - v_k^2} dv_k = \frac{F_k m}{2} \frac{d(v_k^2)}{u^2 - v_k^2}.$$

За розглядуваний же період, що почався, явна річ, з моменту, коли $v_k = 0$, і що закінчився в момент, коли $v_k = c_k$, витече обсяг течива

$$Q_1 = \frac{F_k m}{2} \int_0^{c_k} \frac{d(v_k^2)}{u^2 - v_k^2} = \frac{F_k m}{2} \ln \frac{u^2}{u^2 - c_k^2}. \quad [16]$$

Нарешті, тривалість першої фази визначається з рівняння [8], підставляючи c_k замість v_k :

$$t_1 = \frac{m}{2u} \ln \frac{u + c_k}{u - c_k}. \quad [17]$$

Друга фаза роботи тарана починається негайно ж по тому, як закриється хлипак А. Маса течива, що перебуває в русі, від F_0 до F' , виливаючись у нерухому досі масу від F' до хлипака В, підносить тут тиск, через що відкривається цей хлипак і надає руху масі течива поза хлипаком В у повітрянім ковпаці й далі в напірній трубі; при цім частина течива виливається до приймальної посудини; за достатніх розмірів повітряного ковпака можна вважати, що рівень течива в останнім при цім так мало переміщується, що на нього можна не зважати. Протягом оцієї другої фази рух течива буде повільніший, бо цьому рухові весь час протичинить маса течива висотою h_2 .

Рівняння руху [1] течива для цієї другої фази роботи тарана після помноження його на ds і інтегрування в границях від F_2 до F_0 набирає вигляду:

$$-gh_2 = \int_0^2 \frac{\partial v}{\partial t} ds + \frac{v_2^2 - v_0^2}{2} + \int_0^2 \mu \frac{v^2}{F^2} ds, \quad [18]$$

а тим що знову за законом неперервності руху $vF = v_0 F_0 = F_2 v_2$, отже, через те що $\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{dv_2}{dt} \frac{F_2}{F}$, то маємо:

$$-gh_2 = \frac{\partial v_2}{\partial t} F_2 \int_0^2 \frac{ds}{F} + \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_2^2 F_2^2}{2 F_0^2} + \nu v_2^2 F_2^2 \int_0^2 \frac{ds}{F^{1/2+2}}.$$

Заводячи нові позначення $F_2 \int_0^2 \frac{ds}{F} = L$, $2\nu F_2^2 \int_0^2 \frac{ds}{F^{1/2+2}} = \xi_2$,

дістаємо

$$-gh_2 = \frac{dv_2}{dt} L + \frac{v_2^2}{2} \left[1 - \frac{F_2^2}{F_0^2} + \xi_2 \right] = L \frac{dv_2}{dt} + \nu v_2^2, \quad [19]$$

якщо ще позначити $\frac{1 - F_2^2}{F_0^2} + \xi_2$ через 2ν . Із рівняння [19] маємо:

$$dt = - \frac{L dv_2}{gh_2 + \nu v_2^2}. \quad [20]$$

Інтегруючи останнє рівняння в границях зміни швидкості v_2 , що змінюється від якоїсь початкової швидкості c_2 до нуля, дістаємо для тривання цієї другої фази роботи тарана величину

$$t = \frac{L}{\sqrt{\nu gh_2}} \arctg \left(c_2 \sqrt{\frac{\nu}{gh_2}} \right). \quad [21]$$

Щодо швидкості c_2 , то її визначається отак: швидкість маси M_1 течива від F_0 до F' , за якої стався удар оцієї маси на масу M_2 течива від F' до F_2 , видимо, є c_k , при чім швидкість маси M_2 перед самим ударом дорівнювала нулеві. Загальна швидкість обох мас M_1 та M_2 після вдару може бути, як відомо¹⁾, визначена із співвідношення:

$$M_1 (c_2 - c_k) + M_2 c_2 = 0,$$

звідки, припускаючи приблизно $M_1 = \frac{\delta F L_1}{g}$ та $M_2 = \frac{\delta F L_2}{g}$, де через L_1 ми означаємо довжину шляху течива від F_0 до F' і через L_2 —аналогічну довжину від F' до F_2 , маємо:

$$c_2 = \frac{L_1}{L_1 + L_2} c_k = \frac{L_1}{L} c_k. \quad [22]$$

Кількість течива, що його подасть таран протягом часу (t_2) тривання цієї фази, визначається, видима річ, з виразу:

$$dQ_2 = F_2 v_2 dt = - \frac{L F_2 v_2 dv_2}{gh_2 + \nu v_2^2},$$

¹⁾ Див., напр., Lorenz, H. Technische Hydrodynamik. München—Berlin. 1910, стор. 84.

інтегруючи її в границях зміни швидкості (v_2) від вартості c_2 до нуля, і буде

$$Q_2 = -L F_2 \int_{c_2}^0 \frac{v_2 dv_2}{gh_2 + v v_2^2} = L F_2 \int_0^{c_2} \frac{d(v_2^2)}{2gh_2 + 2v v_2^2} = \frac{F_2 L}{2v} \ln \left(\frac{gh_2 + v c_2^2}{gh_2} \right). \quad [23]$$

Точнісінько так само можна б дослідити і третю і четверту фази роботи тарана, що обіймають, як уже відомо, періоди часу, протягом яких певна невелика частина течива з напірної труби під чином тиску, вимірюваного висотою h_2 , встигає витекти назад крізь хлипак B , що ще не закрився, і дати поштовх для створення зворотної течії в підвідному трубопроводі, і як наслідок, до спадання тиску під хлипаком A . Вважаючи на те, однак, що і практика й теорія показують, що тривалість цих фаз є надзвичайно мала, що кількість течива, яка встигає витекти назад крізь хлипак B , дуже невелика супроти подавання Q_2 , і що, через це, для практичного визначення найхарактеристичніших і важливих якостей роботи тарана, як от: його видатності, сучинника видатності, числа ударів хлипака на хвилину й т. ін., останні дві фази нічого істотного не дають, заведено на практиці на ці фази не зважати¹⁾. За цієї умови сучинник видатності тарана матиме вираз із відношення:

$$\eta = \frac{Q_2 h_2}{Q_1 h_1} = \frac{\frac{F_2 L h_2}{2v} \ln \left(\frac{gh_2 + v c_2^2}{gh_2} \right)}{h_1 \frac{F_k m}{2} \ln \left(\frac{u^2}{u^2 - c_k^2} \right)}, \quad [24]$$

а кількість ударів, що їх робить хлипак за одну хвилину, вираз:

$$n = \frac{60}{t_1 + t_2} = \frac{60}{\frac{m}{2u} \ln \frac{u + c_k}{u - c_k} + \frac{L}{v g h_2} \arctg \left(c_2 \sqrt{\frac{v}{g h_2}} \right)}. \quad [25]$$

Щоб наочніш обчислювати вплив деяких чинників на характеристичні особливості роботи тарана, застосуємо наші висновки до такого випадку.

Приклад. Із джерела вода надходить до резервуара з площею поперечного перекрою $F_0 = 3,14 \text{ м}^2$ і висотою в 1 м; із резервуара воду подається тараном у другий резервуар, при чім кінець напірної труби міститься на 20 м (h_2) вище за рівень води в першій резервуарі; таран міститься на 4 м (h_1) нижче за рівень води в тому самому резервуарі. Як підвідна труба, так і напірна однакової площі поперечного перекрою $F = F_2 = 0,002 \text{ м}^2$ ($d \cong 5 \text{ см}$); довжина підвідної труби дорівнює 40 м, відстань хлипака A від хлипака B становить 25 см і довжина шляху води від хлипака B до кінця напірної труби дорівнює 23,75 м. Площина попе-

¹⁾ Див. напр., Hartmann, L. und Knoke, J. O. Die Pumpen. Berlin. 1906, стор. 583. Lorenz, H. Technische Hydromechanik. München—Berlin. 1910, стор. 228 і далі.

речного перекрою отвору хлипака $F_k = 0,0012 \text{ м}^2$, а довжина шляху води крізь таран (від центру підвідної труби під хлипаком A до перекрою F_k) становить $0,1 \text{ м}$. Визначити видатність тарана, обтяження хлипака A , кількість потрібної робочої води, сучинник видатности й кількість ударів хлипака A на хвилину.

Розв'язання. Згідно з висновуваними в нас відношеннями визначаємо:

$$L_0 = F_k \int_{F_0}^{F_k} \frac{ds}{F} = F_k \left[\int_{F_0}^{F_k} \frac{ds}{F} + \int_{F_0}^{F_0} \frac{ds}{F_0} \right] \cong 24,0;$$

$$\xi = 2\mu F_k^2 \int_{F_0}^{F_k} \frac{ds}{F^{1/2+2}} = 6,44; m = \frac{2L_0}{1+\xi} = \frac{48}{7,44} = 6,45;$$

$$u^2 = \frac{2gh_1}{1+\xi} = \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 4}{7,44} = 10,56; u = \sqrt{10,56} = 3,25 \text{ м/сек.}$$

$$\xi_1 = 2\mu F_k^2 \int_{F'}^{F_k} \frac{ds}{F^{1/2+2}} = 0,016; l_1 = F_k \int_{F'}^{F_k} \frac{ds}{F} = 0,06;$$

$$k = \frac{F_k^2}{2} \left[\frac{1+\xi_1}{F_k^2} - \frac{1}{F'^2} \right] = 0,328.$$

А тепер, розв'язуючи нерівності (14) і (15), находимо:

$$P < 2\delta h_1 F_k \frac{k}{1+\xi} \cong 2 \cdot 1000 \cdot 4 \cdot 0,0012 \frac{0,328}{7,44} = 0,422 \text{ кг.}$$

$$P > \delta h_1 F_k \frac{l_1}{L_0} \cong 1000 \cdot 4 \cdot 0,0012 \frac{0,06}{24} = 0,012 \text{ кг.}$$

Отож, обтяження хлипака P має відповідати нерівностям

$$0,012 < P < 0,422 \text{ кг,}$$

обираємо, через те,

$$P = 0,25 \text{ кг} \cong 250 \text{ г.}$$

За такого обтяження гранична швидкість c_k буде:

$$c_k = \sqrt{\frac{Pm}{F_k \varrho} - u^2 l_1} = \sqrt{\frac{0,25 \cdot 6,45}{0,0012 \cdot 102} - 10,56 \cdot 0,06} = \sqrt{6} = 2,45 \text{ м/сек,}$$

тривалість першої фази роботи тарана

$$t_1 = \frac{m}{2u} \ln \frac{u+c_k}{u-c_k} = \frac{6,45}{2 \cdot 3,25} \ln \frac{3,25+2,45}{3,25-2,45} = 0,85'',$$

а витрата води

$$Q_1 = \frac{F_k}{2} m \ln \frac{u_2}{u^2 - c_k^2} = 0,0006 \cdot 6,45 \ln \frac{10,56}{4,56} = 0,00236 \text{ м}^3 \approx 2,36 \text{ л.}$$

Не трудно бачити, що коли б ми обтяження хлипака в знайдених у нас границях вибрали більше, то швидкість c_k вийшла б теж більша, тривалість t_1 фази була б більша, так само, як і витрата робочої води Q_1 ; за вибору ж меншого обтяження P було б навпаки.

Далі, для другої фази роботи тарана, згідно з висновуваними відношеннями, визначаємо :

$$L = F_2 \int_0^2 \frac{ds}{F} = 64; c_2 = \frac{L_1}{L} c_k = \frac{40}{64} 2,45 = 1,53 \text{ м/сек};$$

$$\xi_2 = 2 \mu F_2^2 \int_0^2 \frac{ds}{F^{1/2+2}} \approx 57; \nu = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{F_2^2}{F_0^2} + \xi_2 \right] \approx 29,$$

при чім, облічуючи сучинник ξ_2 , ми прийняли були для сучинника μ вартість 0,02, вдвоє більшу, ніж коли обчислювали сучинник ξ_1 , з огляду на проходження води крізь повітряний ковпак із хлипаком і чимале збільшення через це гідравлічних опорів.

Кількість поданої води протягом цієї фази буде

$$Q_2 = \frac{F_2 L}{2 \cdot \nu} \ln \frac{gh_2 + \nu c_2^2}{gh_2} = \frac{0,002 \cdot 64}{58} \ln \frac{196,2 + 29 \cdot 2,34}{196,2} = 0,0022 \cdot 0,13 = 0,000285 \text{ м}^3 \approx 0,285 \text{ л,}$$

а тривалість фази

$$t_2 = \frac{L}{\nu gh_2} \arctg \left(c_2 \sqrt{\frac{\nu}{gh_2}} \right) = \frac{64}{\sqrt{29 \cdot 9,81 \cdot 20}} \arctg \left(1,53 \sqrt{\frac{29}{9,81 \cdot 20}} \right) = 0,45''.$$

Отже, тривалість обох фаз, або коли нехтувати іншими двома фазами, як це звикло роблять, тривалість усього гри тарана становить:

$$t_1 + t_2 = 0,85 + 0,45 = 1,3''.$$

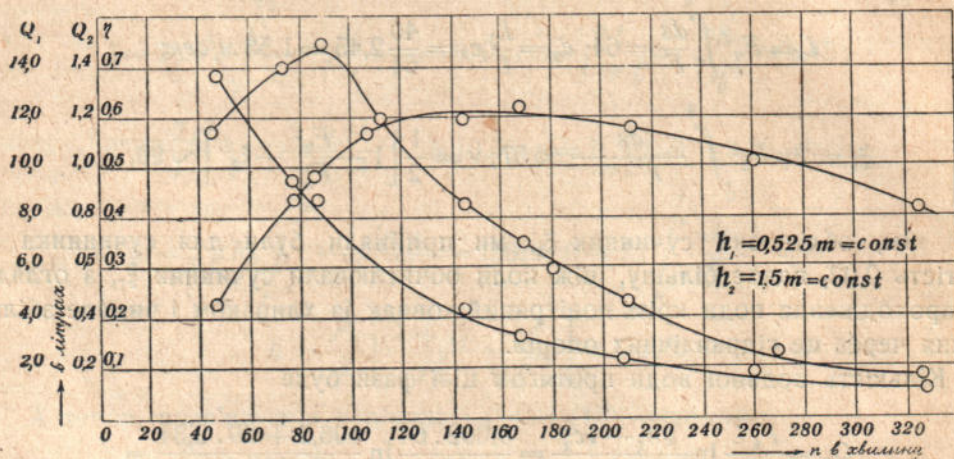
Протягом одної хвилини хлипак А тарана, отже, робить

$$n = \frac{60}{t_1 + t_2} = \frac{60}{1,3} = 46 \text{ ударів.}$$

Нарешті, сучинник видатности тарана буде :

$$\eta = \frac{Q_2 h_2}{Q_1 h_1} = \frac{0,285 \cdot 20}{2,36 \cdot 4} = 0,6.$$

Вище вже згадувано, що за збільшення обтяження хлипака A витрата Q_1 робочої води й тривалість t_1 першої фази роботи тарана збільшуються; але водночас побільшується й гранична швидкість c_k ; із збільшенням її, як показують співвідношення другої фази, мають збільшуватись витрата Q_2 і тривалість другої фази (t_2). Збільшення витрати Q_1 , видимо, призводить до зменшення сучинника видатності тарана, збільшення Q_2 , навпаки, — його збільшення; збільшення t_1 і t_2 призводить до зменшення числа ударів хлипака A на хвилину. Отже, коли збільшити або зменшити обтяження хлипака A , то це, передусім, призведе до зменшення або збільшення числа ударів цього хлипака і, поряд із тим, змінить сучинник видатності та-



Фіг. 67.

рана, при чім, тим що зміна Q_1 і Q_2 позначається на цьому сучиннику просто протилежно, то ми маємо сподіватися, що є таке число вдарів хлипака A , коли сучинник видатності тарана доходить максимуму. Цілком аналогічного впливу на сучинник видатності ми маємо сподіватись і за зміни відношення $\frac{h_2}{h_1}$, бо величини L , ν і c_2 , що залежать од висоти h_2 , і що входять до виразу для корисної витрати Q_2 , впливають на цю витрату різно. Що це все дійсно відбувається так, гаразд ілюструють дані дослідів, що їх зроблено в гідравлічних лабораторіях Ленінградського Політехнічного Інституту за проводом проф. Бахметєва¹⁾ і Томського [нині Сибірського] Технологічного Інституту, за моїм керівництвом; дані останніх дослідів наведені на подаваних діаграмах (фіг. фіг. 67 і 68).

Потверджують наші висновки і наслідки спроб професора Gibson'a²⁾, наведені на фіг. 69.

¹⁾ Ахутин, Лубны-Герцук, Орлов, Рот. Лабораторное исследование тарана.

²⁾ A. H. Gibson, Hydraulics and its Applications. London, 1925, стр. 669.

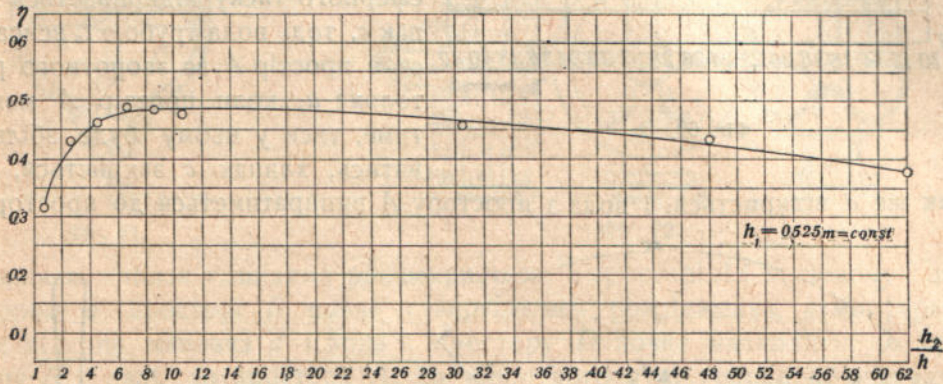
На закінчення подаємо відношення для тарана, що їх висновував проф. Бахметев ¹⁾.

$$Q_1 = \omega_1 v_0 t_1 \ln \left(\frac{1}{1-K} \right); Q_2 = \omega_1 v_c t_2 \ln \sqrt{1 + K \frac{v_0^2}{v_c^2}};$$

$$t_1 = \frac{L_1 v_0}{2g h_1}, t_2 = \frac{L_0 v_c}{g h_2}; \eta = 2 \frac{v_c^2 L_0}{v_0^2 L_1} \ln \frac{\sqrt{1 + K \frac{L_1^2 v_0^2}{L_0^2 v_c^2}}}{\ln \left(\frac{1}{1-K} \right)};$$

$$n = \frac{60}{\frac{L_1 v_0}{2g h_1} \ln \frac{1 + \sqrt{K}}{1 - \sqrt{K}}} = \frac{L_0 v_c}{g h_2} \operatorname{arctg} \frac{v_0 \sqrt{K}}{v_c},$$

де K —сучинник хлипака, що становить відношення тиску в хлипаковій коробці, за якого хлипак A закривається, до тиску в тій самій коробці, що



Фиг. 68.

відповідає усталеному витіканню; видима річ, цей сучинник залежить від обтяження хлипака;

v_0 —швидкість у підвідній трубі за усталеного витікання крізь відкритий хлипак A під напором h_1 ;

v_c —швидкість у тій самій трубі за усталеного витікання крізь відкритий хлипак B під напором h_2 ;

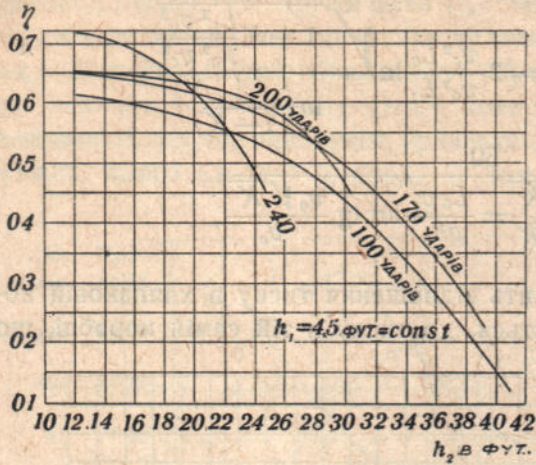
L_1 —довжина підвідної труби (на м) з площею поперечного перекрою ω_1 ;

L_0 —наведена довжина трубопроводу, що дорівнює $L_1 + L_2 \frac{\omega_1}{\omega_2}$, де L_2 є довжина труби від хлипака A до хлипака B з площею поперечного перекрою ω_2 .

¹⁾ Бахметев, Б. А. Введение в изучение неустановившегося движения жидкости. Петербург. 1913, вып. I, розд. III.

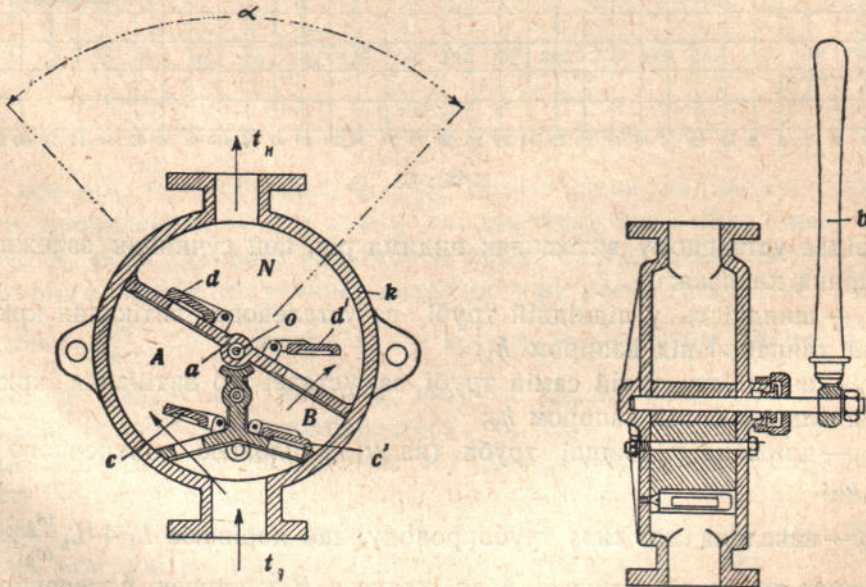
§ 3. Смоки з зворотно-коловим рухом толока (крильчасті смоки)

Смоки цієї класи звичайно зуть крильчастими смоками, і складаються вони здебільшого з толока (a , фіг. 70), гарзд припасованого до циліндричного кожуха k і обертуваного на осі O на якийсь кут α корбою b біля свого середнього положення.



Фіг. 69.

За цього коливального руху толока простори A і B навпереміну збільшуються і зменшуються; якщо, наприклад, більше простір A , як показано на рисунку, в ньому постає розрідження (хлипак d в даному випадку закритий) і від атмосферного тиску відкривається хлипак c , тоді вода трубою t_s всисається в простір A ; за зворотного руху толока a , коли простір A меншатиме, тиск у ньому буде збільшуватись, хлипак c закриється, хлипак же d відкриється, і вода з простору A випиратиметься до простору N

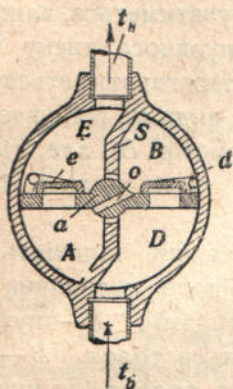


Фіг. 70.

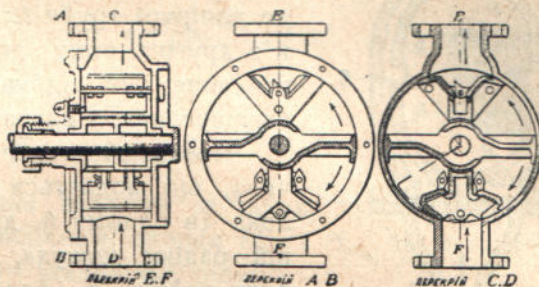
і далі до напірної труби t_n . Те саме відбувається і в другій половині смока B , тільки всисання й нагнічування будуть тут відбуватись тоді, коли

в *A* відповідно будуть нагнічування і всисання. Таким робом, розглядуваний смок є смок двочинний з чотирма хлипаками. Щоб рівномірніше було подавання, до напірної труби часто долучається повітряний ковпак. Ідея й перше виконання цього смока належить Allweiler'ові, відмінні ж конструкції часто-густо мають назви від імення тих осіб, що запропонували ці відміни. Для збільшення обсягового сучинника видатності на Allweiler'ів смок часто ставлять ремінні ущільнювачі між толоком і кожухом і внутрішньою перегородкою; хлипаки роблять так само часом ремінні.

На фіг. 71 зображений схематично смок (Fürotsch'a) теж двочинний, але з двома хлипаками. В цім смокові є внутрішня, що ділить смок на дві половини, стінка *S*, а в утулковій толока *a* зроблено отвір *o*, що злучає простори *A* і *B*. Повертаючи толок *a* так, щоб простори *A* і *B* збіль-



Фіг. 71.



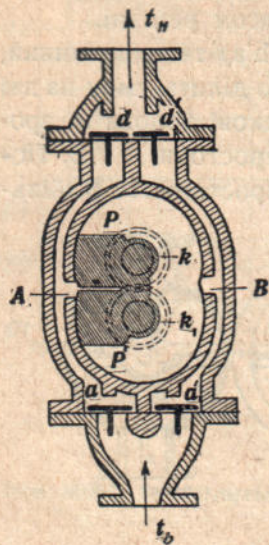
Фіг. 72.

шувались, хлипак *c*, видима річ, закриється, в просторі *A* і злученому з ним отвором *o* просторі *B* почне створюватись розрідження, атмосферний тиск відкриє хлипака *d* і вода з простору *D* почне надходити до простору *B* і, далі, до простору *A*. За зворотного руху толока *a*, очевидно, відкриється хлипак *e* і закриється хлипак *d*; вода з *A* переходитиме до простору *E*, а в *D* буде засмоктуватися вода з всисної труби *t_b*. При наступному новому оберті толока вода почне перетікати знов із *B* до *A*, а із *E* випиратиметься до напірної труби *t_n* і т. д.

Смок (Willcox'a), зображений на фіг. 72, становить смок чотиричинний. Толок *P* в цьому смокові, як видно, має канали, що злучують парами простори *A*, *B* і *D*, *E*, аналогічні зображеним на фіг. 71, і не мають на собі хлипаків. Останні, числом 4, розміщені в нерухомих перегородках. Припустімо, що толок *P* повертається так, що збільшуються простори *D* і *E*, тоді в них постає розрідження, правий нижній хлипак відкривається, течиво із *F* всисається до *D* і, далі, каналом до простору *E*; в той же час, раніш засмоктане в просторі *A* і *B* течиво випирається крізь верхній правий хлипак до напірної труби *E*; за зворотного руху толока хлипаки праві нижній й верхній закриваються, хлипаки ліві нижній й верхній відкриваються, вода з *D* і *E* випирається крізь верхній лівий хлипак *c* до напірної труби *E* і засмоктується до просторів *A* і *B* і т. д.

Зображений на фіг. 73 смок (Buderus'a) має два толоки P й P' , що сидять на окремих осях; завдяки зубчастим колесам k і k_1 , що сидять на тих самих осях і зчіплені між собою, обертання одного толока призводить до обертання в протилежний бік другого толока.

Нехай толоки підчас обертання одного з них розходяться один від одного (з положення, зазначеного на фігурі), тоді простір A буде збільшуватись; в ньому постане розрідження; хлипак a під впливом атмосферного тиску відкриється, хлипак d закриється; вода надходитиме з труби t_0 до простору A . Підчас обертання толоків у зворотному напрямі, коли простір A зменшуватиметься, хлипак a закриється під впливом збільшуваного тиску в A , а хлипак d відкриється; вода переганятиметься з A до напірної труби t_n ; теж саме, видимо, відбувається й з другого боку толоків (простір B), але тільки всисання тут відбуватиметься тоді, коли з A йде нагнічування, і навпаки.



Фіг. 73.

Називаючи тепер Q теоретичну кількість течива, що подається за подвійного коливання толока (в одному й другому напрямі), R —внутрішній радіус кожуха, де міститься толок, B —ширину толока, r —радіус утулка толока і α кут поверту толока, явна річ, матимемо для двочинних смоків (Allweiler'a, Fürtotsch'a та ін.):

$$Q = 2\pi(R^2 - r^2)B \frac{\alpha}{360}$$

для смоків чотиричинних (Willcox'a, Buderus'a та ін.):

$$Q = 4\pi(R^2 - r^2)B \frac{\alpha}{360}$$

Дійсно подавана кількість течива на секунду, за n коливальних рухів толока (подвійних) буде, видима річ,

$$Q_d = \eta_0 \frac{nQ}{60},$$

де η_0 —обсяговий сучинник видатности, що дорівнює для розглядуваних смоків 0,8—0,9. Кут α при ручних смоках не може бути більший за 90° .

Щодо зусилля, потрібного для надання таким смокам чину, то його можна визначити з отаких міркувань.

Підчас всисання, видима річ, треба розвинути корисне зусилля, що дорівнює $BRH_0\delta$, підчас нагнічування $BRH_n\delta$, де H_0 і H_n висоти всисання й нагнічування. Називаючи тепер опори підчас всисання й нагнічування, від-

повідно, H_{w_s} і H_{w_n} , рамено чинної на корбу сили l , а сами сили під час всисання й нагнічування, відповідно, P_s і P_n , ми, видимо, матимемо

$$P_s l = (BRH_s \delta + H_{w_s}) \frac{R}{2}; P_n l = (BRH_n \delta + H_{w_n}) \frac{R}{2}.$$

Для смоків двочинних, видимо, моменти цілих чинних сил P_1 і P_2 за прямого й зворотного руху толока будуть тотожні, а тому

$$P_1 l = P_2 l = (BRH \delta + H_{w_s} + H_{w_n}) \frac{R}{2},$$

а для смоків чотиричинних

$$P_1 l = P_2 l = (2BRH \delta + H_{w_s} + H_{w_n}) \frac{R}{2},$$

де через H означена висота цілого напору $H_s + H_n$. Секундне зусилля буде

$$(P_1 + P_2) 2l \pi \frac{\alpha}{360} \frac{n}{60} = \frac{1}{\eta} QH \delta,$$

де сучинник видатності η можна вважати за такий, що дорівнює 0,75. Напори, що відповідають гідравлічним опорам H_{w_s} і H_{w_n} , за Hartmann'ом і Кпоке'ом ¹⁾, можна припускати відповідно рівні:

$$\left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{4} \right) BRH_s \delta; \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{4} \right) BRH_n \delta.$$

Вартність крильчастих смоків — це компактність, простота злагоди й дешевина; хіба їхня — трудність досягти щільности злуки толока з кожухом і неможливість довго зберігати її, коли навіть її здобуто точним припасуванням. Крильчасті смоки виготовляють для подавань від 20 до 325 л/хвил при числі перебігів від 100 до 40 (що менші смоки, то більш перебігів). Нормальні поперечники кожуха смоків коливаються в границях 90—360 мм; відношення ширини кожуха до його поперечника задають у границях $B:D=0,25$ до 0,4; здебільшого смоки ці вживають як ручні смоки, хоч є устави і з пасовою повіднею.

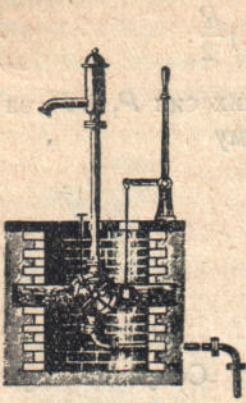
На фіг. 74 подана устава смока Allweiler'ового з ручною повіднею в колодязній шахті, а на фіг. 75 устава смока тої самої системи для пасової повідні.

§ 4. Смоки, що чинять випиранням течива через тиск повітря (монжуси)

Намагання застосувати для піднесення течив тиск повітря спричинилося до різного роду пристроїв, царина застосування яких, проте, почасти в наслідок складности злагод, почасти в наслідок невеликих резуль-

¹⁾ Hartmann und Кпоке. Die Pumpen. Berlin. 1906, стор. 403.

татів щодо ошадности, обмежується лише декількома окремими родами підприємств. Такі пристрої, що ними висмокували каналізаційні води, забруднені води з будівельних копанів,



Фіг. 74.

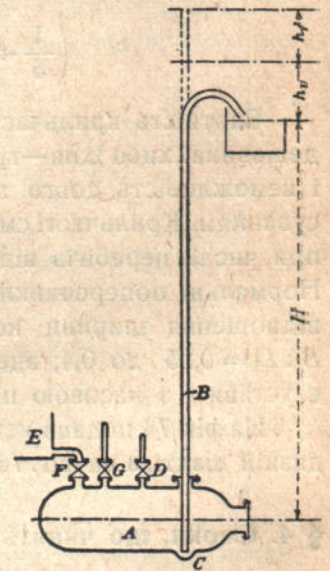


Фіг. 75.

пересмокували густі течива, кислоти й т. ін., де неможливо чи просто трудно користуватися із звичайних смоків, були в загальних рисах закриті з усіх боків насліпо посудини або казани, сповнювані течивом, яке треба було пересмокувати, та двох труб, що заходили щільно в цю посудину; одною із цих труб, що кінець її міститься вище, ніж рівень течива в посудині, нагнічувалося повітря під тиском; цей тиск виправ течиво другою трубою, зануреною в течиво трохи не до дна посудини, або що навіть

просто відходила з отвору в дні посудини. Такого роду апарати мають назву „монжу“, або „монжуси“.

На подаваному рисунку (фіг. 76) схематично зображено, напр., апарат для пересмокування кислот. Казан *A* роблять з матеріалу, що добре опирається роз'їданню від хоч якої кислоти. Місткість такого казана сягає $3 \div 4 \text{ м}^3$. Нагнітна труба *B* дістає до дна казана і своїми кінцями дещо занурена в невелику заглибину *C* в дні казана. Повітря під тиском від компресора входить крізь грант *D*; казан сповнюється кислотою крізь грант *F* із резервуара *E*; підчас цього наповнення повітря випирається з казана крізь грант *G*. Коли казан кислотою сповнили, гранти *F* і *G* закручують, відкручують грант *D*, щоб впустити стиснене повітря, і кислота випирається крізь трубу *B*. Потому, казан сповнюють стисненим повітрям до максимально можливого тиску, енергія якого остаточно витратиться за розширення до верху нагнітної труби *B*. Робота апарата надзвичайно нерівномірна й незадовільна з огляду на малу видатність, довгочасність інтервалів у роботі, сучинник видатности і, нарешті, вартість пересмокування.

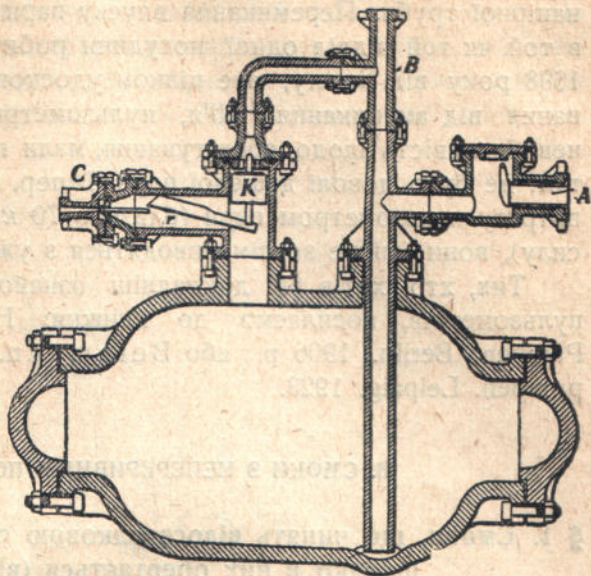


Фіг. 76.

Повний сучинник видатности пересмокування залежить, природна річ, від в'язкості течива, від висоти пересмокування, отже, від тих тисків, що їх доводиться застосовувати для цього пересмокування, а також су-

чинника видатності компресора. Для такого течива, напр., як сірчана кислота, теоретичний сучинник видатності за швидкостей подавання загалом беручи від 0,9 до 3,5 м/сек, коли пересмокують на спадомірну висоту 15,0 м та за відповідних тиснень в 2,27 ÷ 3,34 атм. лежить у границях 0,56 ÷ 0,35, а прийнявши сучинник видатності компресора = 0,8, одержимо повний сучинник видатності устави 0,45 ÷ 0,28; за сучинника ж видатності компресора = 0,6 лише (округло) 0,34 ÷ 0,21 ¹⁾.

На фіг. 77 схематично подано автоматичний апарат системи Barnes Varley. Сповнюється казан крізь правий патрубок А, при чім повітря випирається крізь відкриті в цей час отвори над поплавцем К до нагнітної труби В. Стиснене повітря впускається крізь насад С, скоро казан сповниться вщерть течивом, і поплавець К притиснеться до свого сідла, і потому, як останній важелем *r* відкриє ще відповідний хлипак. Течиво випирається після цього трубою В доти, поки тиск у казані спаде так, що хлипак, крізь який впускається повітря, знову закривається.



Фіг. 77.

§ 5. Смоки, що чинять випиранням течива від тиску пари (пульзометри)

Пульзометри лагоджують за тим принципом, що пара, впускувана певними переміжками часу до посудини, конденсується тут, через що створюється розріджений простір, куди може під впливом атмосферного тиску засмоктуватися пересмокуване течиво. Закриваючи тепер всисний отвір і впускаючи знову пару, можна тиском її виперти засмоктане до резервуара течиво в напірну трубу. Повторюючи описаний процес впускання пари з наступними її конденсацією та засмоктанням течива і нового випускання пари для випирання цього течива, можна, отже, пересмокувати так різного роду течива, маючи лише достатню кількість пари.

Пульзометри бувають і безпосереднього чину й двочинні. В перших, видимо, потрібний лише один резервуар, де навпереміну відбуваються процеси всисання і нагнічування; в других потрібні дві посудини, так

¹⁾ Swindin N. Pumping in the chemical Works. London. 1922, стор. 52.

злучені між собою, що коли в одній відбувається засмоктування течива, водночас із другої відбувається випирання раніш засмоктаного течива до напірної труби. Перемикання впуску пари в ту чи ту посудину або радше в той чи той відділ одної посудини робиться автоматично. Винайдені ще 1698 року від Savery, але цілком удосконалені до практичного застосування від американця Hall'я, пульзометри, через простоту конструкції і невибагливість щодо обслуговування, мали порівняно довгий час поширення там, де було доволі дешевої пари. Тепер, вважаючи на надзвичайно велику витрату пульзометром пари (близько 70 кг пари на 1 механ. коня смокву силу), вони майже зовсім виводяться з ужитку.

Тих, хто хотів би докладніш ознайомитися із злагодою й теорією пульзометрів, посилаємо до книжки: Hartmann und Knoke. Die Pumpen. Berlin. 1906 р. або Bethmann. Kolbenpumpen und Zentrifugalpumpen. Leipzig. 1923.

В. СМОКИ З НЕПЕРЕРИВНИМ ПОДАВАННЯМ ТЕЧИВА

§ 1. Смоки, що чинять відосередковою силою, яку розвиває орган, що швидко в них обертається (відосередкові смоки)

Відосередкові смоки, це — машини, що своїм чином протилежні водяним турбінам із надвірним підведенням води ¹⁾: водяна турбіна обертає енергію води підчас протікання її каналами робочого колеса на механічну роботу, що її можна одержати з вала турбіни, у відосередкових же смоках зовнішня сила, будучи прикладена до вала смока, надає воді, що міститься в каналах робочого колеса, рухову енергію, що визначається швидкістю течії й тиску.

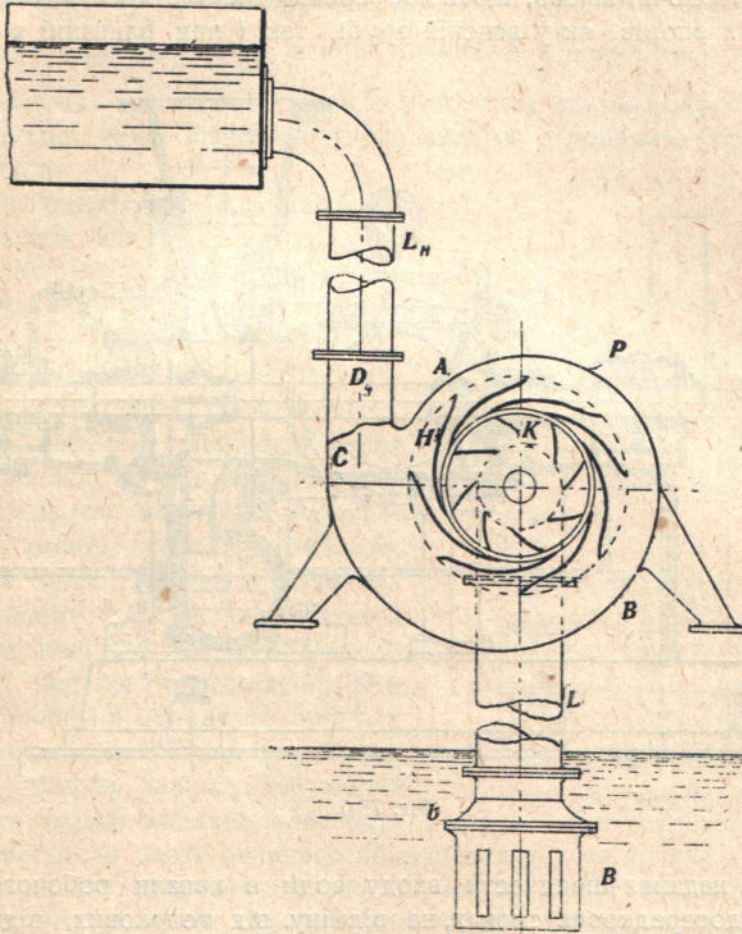
Подібно до турбіни, відосередковий смок складається з таких головних частин (фіг. фіг. 78 а і б): а) робочого колеса *K*, що становить низку каналів, розміщених в радіальній турбіні, симетрично довкола вала, скріплюваного з колесом за допомогою утулка; б) напрямного апарату *H* турбіни, або дифузора, а втім, його може й не бути (фіг. 79); в) кожуха (звичайно спірального) *P*, де вміщено робоче колесо й напрямний апарат.

За потрібне приладдя смока є така ж всисна або підвідна труба *L_s*, зважаючи на те, чи уставлено смок над поверхнею течива, що мають пересмокувати, або нижче його, і нагнітна або напірна труба *L_n*. На кінці всисної труби міститься так звана всисна коробка *B*, призначення її — не пропускати в смок механічних домішок води, де міститься всисний ventиль *b*.

Спинімось спочатку на смоці без напрямного апарату. Спосіб чину такого смока буде такий: робочому колесу разом із всисною трубою, наповненому наперед течивом, що має бути пересмокуване, надають

¹⁾ Пинегин, В. Н. Гидравлические двигатели. Одеса, 1928 р., стор. 71.

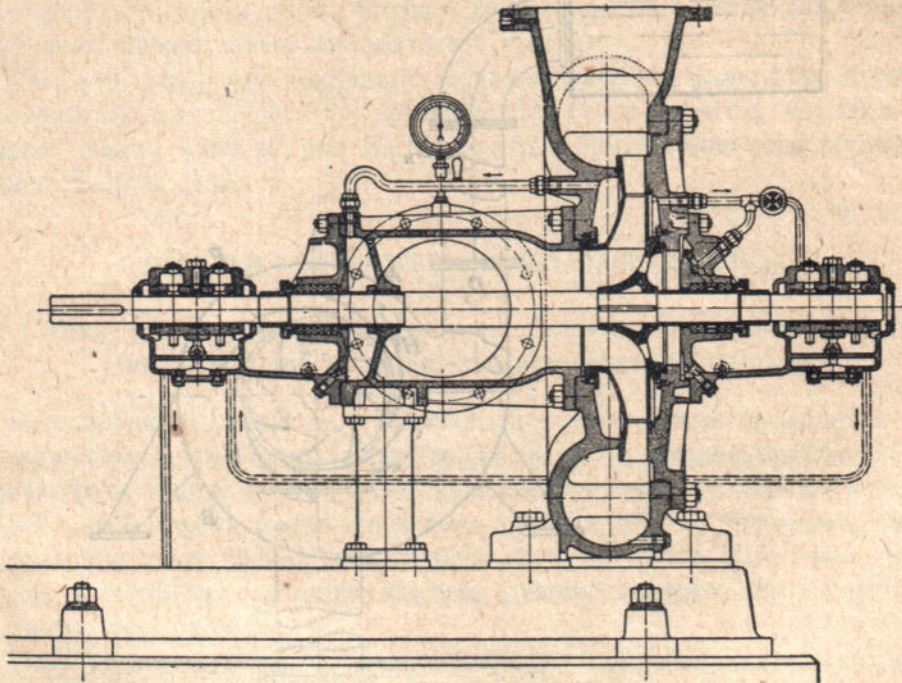
швидкого обертального руху; течиво, що міститься в каналах робочого колеса, відосередковою силою, яка розвивається при цім обертанні, захоплюється на зовні колеса з певною швидкістю й тиском, залежно від конструкції колеса та числа його обертів, і надходить у кожух, що його оточує. Щоб зменшити гідравлічні опори підчас витікання течива з робо-



Фіг. 78 а.

чого колеса в кожух, річ ясна, останній має бути такої форми, щоб надходження в нього течива з робочого колеса не супроводжувалося гострою зміною ні величини, ні напрямку швидкості; інакше сказати, швидкість у кожусі по всьому обводу має дорівнювати вихідній швидкості з колеса та бути однаково спрямованою. Звідси випливає вимога, щоб перекрої кожуха від *A* крізь *B* до *C* ступінно збільшувалися, а цього досягають спіралюватою формою кожуха. Для такої ж плавності переходів потрібен часом патрубок між кожухом і нагнітною трубою (частина *D* на фіг. 78).

Всисна чинність смока постає в наслідок того, що тиск атмосфери на вільну поверхню води, або взагалі течива, в забірному резервуарі чи джерелі змушує її заповнювати звільнюваний від води простір у каналах робочого колеса і, таким чином, завсіди на внутрішній обвід колеса надходить із всисної труби стільки води, скільки її витікає на зовнішнім обводі, припускаючи, звісно, що атмосферного тиску є досить для перемоги гідравлічних опорів як у всисній трубі, так і при вливанні в колесо, а



Фіг. 78 б.

також для надання швидкості входу води в канали робочого колеса. Отже, у відосередкових смоках, на відміну від толокових, відбувається рівномірний рух води за весь час роботи смока.

Із збільшенням переможуваного напору, річ явна, постає потреба щораз збільшувати число обертів смока, а звідси впливає доконечність збільшувати швидкість відходу течива від колеса, а, виходить, і збільшувати швидкість руху течива в кожусі. Через це згадувані вище заходи до зменшення гідравлічних опорів для напорів, що переступають певну границю (понад $20 \div 25$ м) вже не виправдують свого призначення; в отаких випадках доводиться приладновувати до смока напрямний апарат-дифузор, який, через те, що вихідні перекрої його каналів більші проти вхідних, зменшує швидкість відходу води й збільшує тиск; з другого

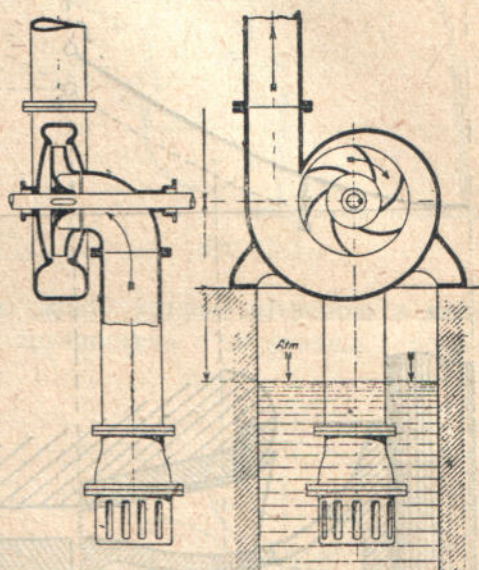
боку через відповідне вигинання лопаток постає можливість для плавнішого переходу води в кожух. Як змінюється тиск у кожусі і в напрямному апараті, гаразд ілюструє діаграма (фіг. 80), що її одержано від безпосередніх вимірян тисків на одній моделі відосередкового смока ¹⁾.

Зміна статичного тиску позначена лінією *abc*, при чім частина *bc* відповідає збільшенню тиску в напрямному апараті, і величина цього збільшення у дорівнює майже $\frac{1}{3}$ тиску в робочім колесі. Повний тиск, як показує лінія після виходу з робочого колеса, зостається сталий. Стрибок *df* відповідає впливові зміни швидкості при переході з робочого колеса в напрямний апарат.

Вище ми вже казали були, що що більша буде висота напору, яку смок має перемогти, то більша має бути й швидкість обертань колеса; але збільшення швидкості обертань можна досягти або зменшивши поперечника колеса або збільшивши число обертів. Бажано одержати велику обводову швидкість через більше число обертів при малому поперечнику колеса, бо за малого поперечника будуть короткі лопатки, а, значить, малий шлях тертя. Найбільша обводова швидкість рідко переступала звичайно в виконуваних конструкціях 25 м/сек, що давало змогу перемагати напори на 30—40 м. За збільшеної обводової швидкості — можливо і більші напори. З другого боку, чимраз далі зменшення поперечника колеса за даної видатности

може призвести до надто великого збільшення висоти колеса. Надмірне ж збільшення висоти спричиняється до великої відмінности вхідних швидкостей вздовж унутрішнього окрайку лопатки; ця різниця за сталости вхідного кута лопатки викликає гідравлічний удар при вході.

Крім того, через різницю швидкостей течії, постає нерівномірність розподілу тиску: в місцях великих швидкостей менші тиски й навпаки; зменшення тиску, і собі, може призвести до неможливості перемогти зовнішній тиск і змусить течиво текти в зворотному напрямі. Течія може, отже, набрати форму, показану на фіг. 81, при чім, очевидно, поблизу нижнього ободу створиться простір, сповнений вихрами. Нарешті, за що-

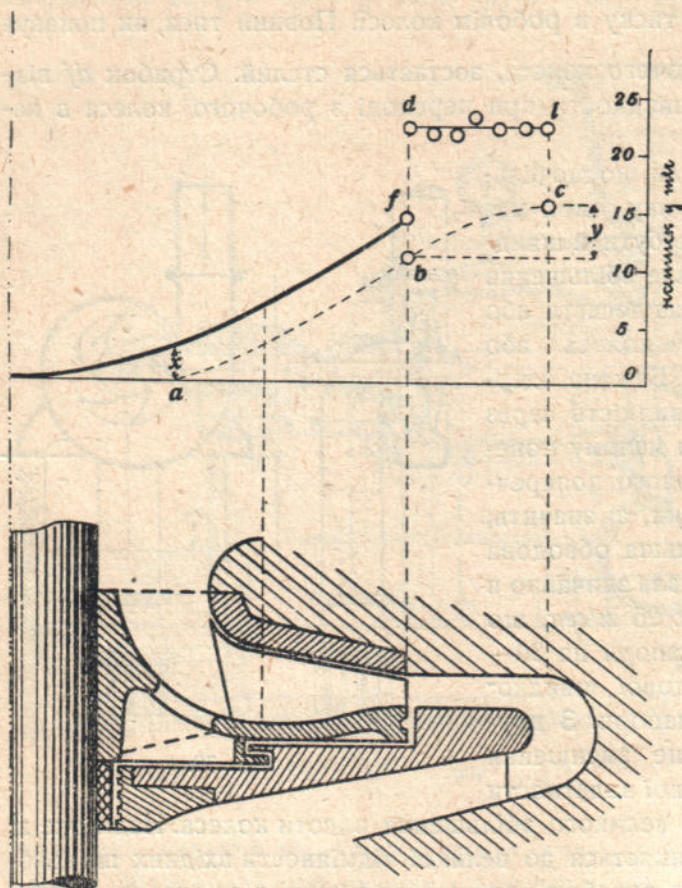


Фіг. 79.

¹⁾ Barbezat. Kreiselpumpen und Vergleich mit entsprechenden Kolbenpumpen. Zeit. d. gesam. Turbinwesen. 1912, H. 16.

далі збільшуваної швидкості тиск може спасти коло нижнього ободу до границь тиску пари, що відповідає температурі води, цебто спричинити небажане явище — відділення течива від стінок (кавітація).

У тих випадках, коли все ж, не зважаючи на зазначені умови, збільшити поперечник колеса не можна, вдаються до зміни вхідного кута лопатки відповідно до змінюваних швидкостей і, таким робом, одержують



Фіг. 80.

колеса з лопатками подвійної кривини, при чім вхідний крайок лопатки можна висувати з зони згину колеса і, таким робом, замість колеса з чисто радіальним підведенням течива перейти до колеса з вісним підведенням (фіг. 82); у цім разі, видима річ, меридіональний перекрій колеса матиме форму колеса турбіни Френсіса. Річ ясна, за дальшого розвитку цієї форми можна дійти й до чисто вісного смока (фіг. 83).



Фіг. 81.

За переступну форму між двома останніми типами смоків правлять різного роду гвинтові смоки, один з них („Murgia“, системи Weise Söhne, Halle, S.) подано в розрізі і з зовнішнім виглядом на фіг. фіг. 84 а і б.

Чудовий засіб зменшити висоту колеса — це застосування двобічного підведення води (фіг. фіг. 83 і 85).

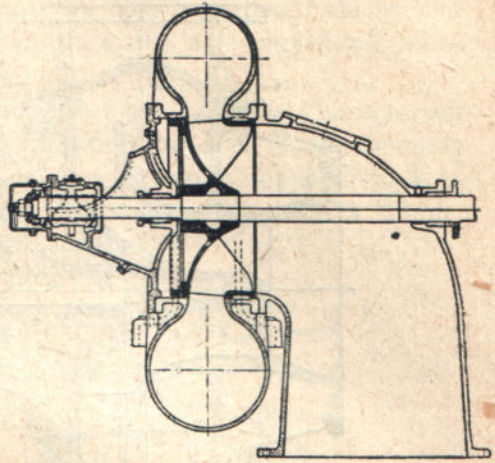
Нарешті, якщо всіх зазначених засобів не досить, зостається, щоб перемогти великі напори, вдатися до поступінного злучення декількох

коліс, цебто до так званих многосхідчастих смоків (фіг. 86 а, Krogh—San-Francisco, і фіг. 86 б, в, Borsig—Berlin), де кожне з коліс перемагає відповідну частину повного напору.

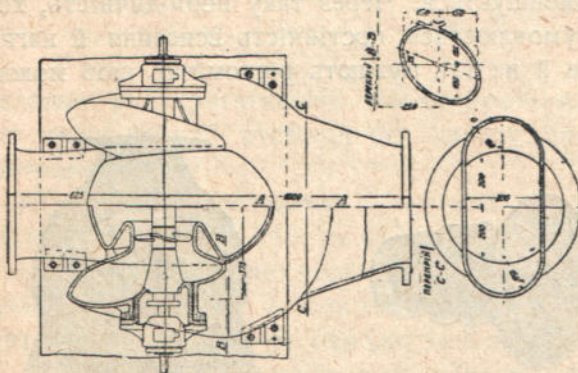
Такого роду многосхідчастих смоків застосовують тепер для піднесення води на висоту 1200 м.

Кількість течива, що його може подати відосередковий смок, далеко більша за ту, що можуть подавати толокові смоки. Щодо нижньої границі кількості подаваного течива, то тут є то більша границя, що більший напір, бо за малих кількостей колеса матимуть малий поперечник і, виходить, більшу кількість обертів, а це не завжди можна здійснити, і ця умова постане то раніш, що буде більший напір.

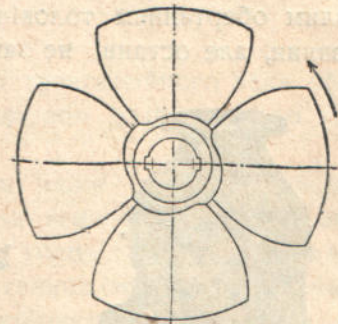
Щодо сучинника видатності, то він дещо менший супроти толокових смоків, але ця хіба, як побачимо далі, виправдується дешевиною вартости смоків устави, потребою в меншому приміщенні, простотою порання і зручностями в злучуванні з мотором (звичайно електромотором).



Фіг. 82.



Фіг. 83 а.

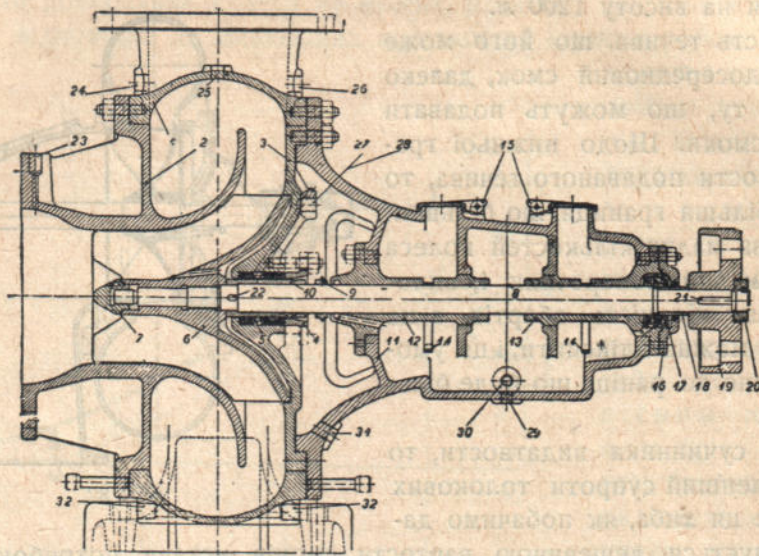


Фіг. 83 б.

§ 2. Смоки з одним або декількома толоками, що швидко обертаються (ротативні й коловорітні смоки)

Ротативними смоками звать смоки, в яких один або декілька толоків, що роблять разом, перебувають у постійному обертальному русі; всисання і нагнічування течива в цих смоках зумовлюється тим, що за згаданого

обертального руху толоків, завдяки спеціальній формі останніх, простір, що притикається до всисної труби, між толоками і кожухом смока періодично збільшується, а точнісінько такий же простір, що притикається



Фіг. 84 а.

до нагнітної труби, так само зменшується. Через таку періодичність, хоч сталим обертанням толоків і зумовлюється постійність всисання й нагнічування, але останні не завжди й не так бувають рівномірні, щоб можна



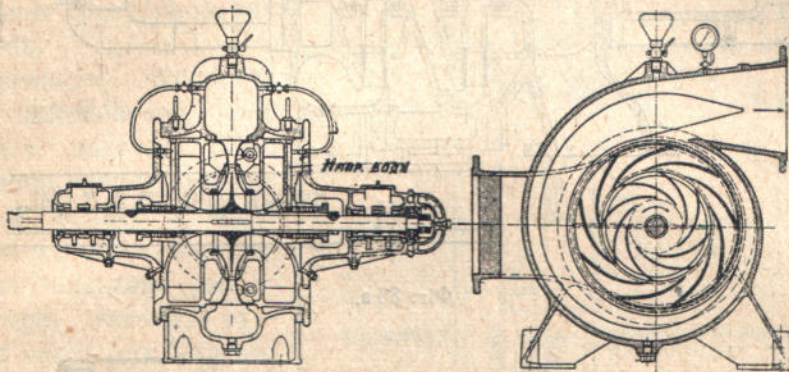
Фіг. 84 б.

уникнути устави повітряних ковпаків. З другого боку, в ротативних смоках нема потреби ні у всисних, ні в нагнітних хлипаках, через що є змога набагато збільшувати число обертів смока і, значить, збільшувати подавання.

Відсутність хлипаків могла б, видимо, чимало піднести сучинник видатності ротативних смоків, але через те, що подавання течива залежить

од щільности припасування толокових поверхонь, що стикаються між собою, а також з поверхнею кожуха, тертя між цими поверхнями почасти буває таке чимале, що механічний сучинник видатности ротативних смоків не зрідка буває менший супроти такого ж у звичайних толокових смоках. Через трудність припасувати поверхні, що стикаються, часом і обсяговий сучинник видатности буває менший супроти такого для звичайних толокових смоків.

Висота подавання для більшости типів ротативних смоків обмежується з $30 \div 40$ м, але декотрі з них, щоправда, роблять і за дуже значних напорів до $30 \div 40$ атм. Висота всисання де-де коли перевищує 8 м. Число обертів коливається від 40 до 250, ба навіть $500 \div 750$ і більш.



Фіг. 85.

Надається руху ротативним смокам рукопаш, від трансмісійного вала або вала якого-небудь рушія через пасову повідню або безпосередньо від електромотора.

Підподіляють ротативні смоки або за числом валів (з одним, двома або трьома валами), або за способом розлучення всисного простору від нагнітного (розлучення: через самий толок, через толок і кожух, двома чи декількома толоками й т. ін.). Різних типів ротативних смоків надзвичайно багато, тому станемо на описові тільки найхарактеристичніших.

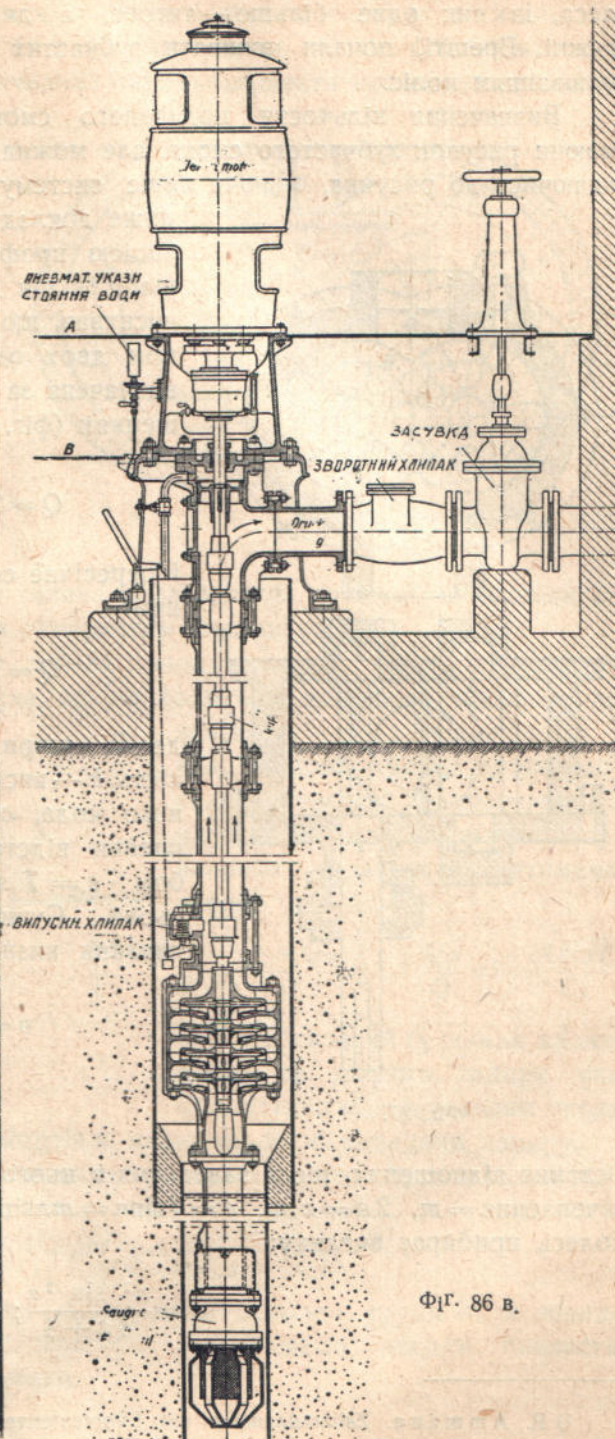
а) З ротативних смоків передусім треба зазначити зубчасті смоки (фіг. 87). Два (часом три) толоки цього смока мають форму зубчастих коліс із старанно припасованими один до одного і до кожуха зубцями. Підчас обертання коліс в означеному стрілками на фігурі напрямі кожний з утворюваних між зубцями з стінками кожуха просторів a поступінно замикається і відповідно до його обсягу кількість течива переганяється з всисного боку до напірного. Там, де початкові кола k і k_1 коліс дотикаються, зубцем одного колеса зазначена кількість течива цілком або частково випирається із замкненого простору a і, водночас, через стикання

Хибами є лінійне розмежування всисного й напірного просторів, дорого варте старанне припасування позубцьованих поверхонь і, нарешті, та обставина, що, через щодалі зменшуваний простір, що його поймає пересмокуване течиво, постає надто велике прискорення швидкості, що має призводити до швидкого зношування позубцьованих поверхонь.

Невеликих зубчастих смоків застосовують для подавання мастила (олії) до вальниць швидковертливих верстатів. Великі зубчасті смоки тепер дуже поширилися для подавання олії до регуляторів водяних турбін¹⁾, а також по багатьох фабричних процесах, як пересмокування пива, молока й т. ін., і навіть на невеликих смокових станціях для подавання питної води.

Для невеликих напорів до недавня звичайно в зубчастих смоках було тільки два зубчасті колеса, із них одне тягове, а друге тяжне, як і показано на поданій вище фігурі.

У великих смоках, останнім часом, почали застосовувати три зубчасті ко-



Фіг. 86 в.

¹⁾ Пинегин В. Н., Гидравлические двигатели. Одеса. 1928, стор. 230 і дальші.

леса, із них одне більше—тягове, а два дещо менші і однакові—тяжні. Врешті, почали вживати зубчастих смоків і з внутрішнім зачіплюванням коліс.

Визначення кількості подаваного смоком течива легко зробити, маючи рисунок зубчастого смока, але можна це зробити й теоретично, надаючись до рисунка, знаючи лише систему зачіплювання. Щодо цього дуже докладну роботу виконав, за пропозицією проф. D. Thoma, інженер R. Амманн¹⁾; він для евольвентного зачеплення виснував, що кількість подаваного течива при двох однакових колесах може бути визначена за одного оберту колеса відношенням (фіг. 88):

$$Q = 2\pi B \left(2ah + h^2 - \frac{e^2}{12} \right),$$

і пересічне секундне подавання відношенням:

$$Q = B\omega \left(2ah + h^2 - \frac{e^2}{12} \right),$$

де B —ширина колеса, ω —кутова швидкість, h —висота зубців, a —радіус основного кола, e —віднесена на лінію зачеплення відстань зубцюва, і, таким робом $e = T \sin \alpha$, де T —відстань зубцюва. Сучинник нерівномірності подавання визначається відношенням:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{Q_{\text{макс.}} - Q_{\text{мін.}}}{Q_{\text{макс.}}} \\ &= \frac{e^2}{4(2ah + h^2)}. \end{aligned}$$

Останнє відношення, після заведення в нього таких позначень: $h = \text{модуль зачеплення} = m$, $2a = z \cdot m$, $e = T \sin \alpha = m \cdot z \sin \alpha$, де z —число зубців на колесах, прибирає вигляду:

$$\sigma = \frac{\pi^2 \sin^2 \alpha}{4z + 4};$$

¹⁾ R. Ammann. Zahnradpumpen mit Evolventenverzahnung. Mitteilungen des Hydraulischen Inst. der Techn. Hochschule. München. 1926.

звідси видно, що σ із зменшенням кута α лінії зачеплення до лінії, що злучує центри осей коліс, і з збільшенням числа зубців меншає; як от, при $z=10$ і $\alpha=65^\circ$ сучинник нерівномірності становитиме 18,5% від $Q_{\text{макс.}}$, для смока ж, де $z=25$, $\alpha=75^\circ$, матиме лише $\sigma=8,8\%$.

Звідси впливає правило, що для швидкорухливих смоків, що їх застосовують для великих напорів, колеса треба виготовляти з щомога більшою кількістю зубців з малими відстанями зубцьовими. Для значніших подавань треба застосовувати смоки з великим числом коліс, при чім за

D. Thoma, доцільно середнє велике колесо, щоб досягти ущільнення по обводу колеса, виготовляти з непаристим числом зубців.

Через те, що подавання течива пропорціональне числу обертів, то, називаючи Q_H кількість течива, що надходить із напірного простору до всисного крізь нещільності і яка, видимо, буде пропорціональна кореневі квадратівому з напором, ми для обсягового сучинника видатності матимемо вираз:

$$\gamma_0 = \frac{Q - Q_H}{Q} = 1 - \frac{Q_H}{Q} \approx 1 - \frac{AV\sqrt{H}}{C_n},$$

цебто обсяговий сучинник видатності за сталого напору має більшати із збільшенням числа

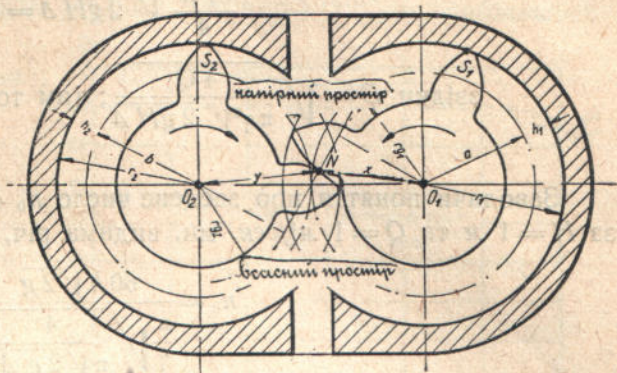
обертів, а за сталого числа обертів n меншати із збільшенням напору.

Через те, що обводова швидкість u_1 колеса може бути подана відношенням

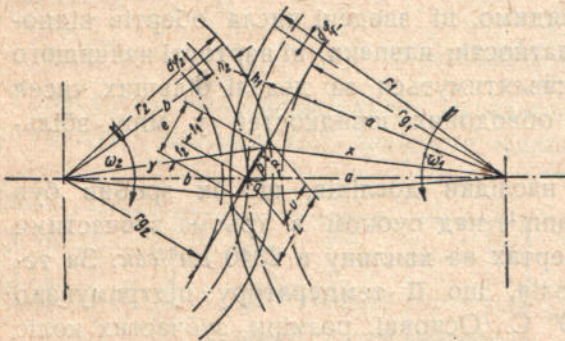
$$u_1 = \frac{\pi D n}{60} \approx k \cdot \sqrt{2gH}, \text{ то } n = \frac{60 k \cdot \sqrt{2gH}}{\pi D}.$$

З другого боку, називаючи поперечник всисної труби d , а швидкість руху течива в ній c , при чім ми можемо завжди покласти $c = \sqrt{2gH \Delta}$, ми маємо відношення:

$$\frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gH \Delta} = Q,$$



Фиг. 88 а.



Фиг. 88 б.

а тим що завжди так само можна покласти $\frac{d}{D} = \gamma$, то останнє відношення набирає вигляду

$$\frac{\pi \gamma^2 D^2}{4} \sqrt{2gH\Delta} = Q,$$

$$\text{звідки } D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \gamma^2 \sqrt{2gH\Delta}}}; \text{ тим то } n = \frac{60k\sqrt{2gH}}{\pi \sqrt{\frac{4Q}{\pi \sqrt{2gH\Delta}}}}.$$

Заводячи поняття про зведене число n_0 обертів, цебто число обертів за $H=1$ м та $Q=1$ м³/сек, ми, видима річ, матимемо:

$$n_0 = \frac{60k\sqrt{2g}}{\pi \sqrt{\frac{4}{\pi \sqrt{2g\Delta}}}},$$

а ділячи n на n_0 , знаходимо певне відношення:

$$n = n_0 \frac{\sqrt[4]{H^3}}{\sqrt[4]{Q}}, \text{ або, навпаки, } n_0 = \frac{n\sqrt[4]{Q}}{\sqrt[4]{H^3}},$$

цебто для зубчастих смоків є для кожної вартости n , Q і H певні вартості зведеного числа обертів, і, видимо, ці зведені числа обертів відповідають найвищим сучинникам видатности; навпаки, ці вартості найвищого сучинника видатности, річ ясна, виявлятимуться за дедалі більших чисел обертів n , або за чимраз більших обводових швидкостей у міру збільшення напору.

Усе це чудово потверджують наслідки дослідів, що їх зробив був згадуваний вище інженер R. Ammann ¹⁾ над смоком з трьома зубчастими колесами з видатністю при 750 обертах на хвилину в 2340 см³/сек. За тєчиво для пересмокування була олія, що її температуру підтримувано підчас дослідів у границях 30 ÷ 40° С. Основні розміри зубчастих коліс були такі: для тягового середнього колеса поперечник основного кола = 96 мм, $\alpha = 70^\circ$, висота головки зубця $h_1 = 2,6$ мм, $B = 50$ мм, $z_1 = 36$, відстань зубцьова $T_1 = \frac{8}{3}\pi$. Для тяжних коліс відстань зубцьова $T_2 = \frac{8}{3}\pi$, $z_2 = 24$; поперечник основного кола 64 мм; $\alpha = 70^\circ$; $h_2 = 3,5$ мм; $B = 50$ мм; $e = T \sin \alpha = 0,788$ см. Люз між зубцями допущений на 0,18 мм.

Наслідки спроб подані на додаваних діаграмах (фіг. фіг. 89 а, б, в); з них на першій зображена зміна обсягового сучинника видатности як до напору; на другій — зміна повного сучинника видатности від напору і, нарешті, на третій — зміна сучинника повного від обводової швидкості та напору. Число обертів для перших двох діаграм $n = 750$. Ці діаграми,

¹⁾ R. Ammann. Zahnradpumpen mit... et cetera...

як уже згадувано вище, цілком потверджують вище подані теоретичні висновки. Визначаючи, між іншим, за вище поданим відношенням

$$n_0 = n \frac{\sqrt[4]{Q}}{\sqrt[4]{H^3}}$$

наведене число обертів згідно з діаграмою (89)₂ для найбільшого

сучинника видатности, ми, ясна річ, знайдемо:

$$\begin{aligned} n_0 &= n \frac{\sqrt[4]{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} = \frac{750 \sqrt[4]{0,00234}}{\sqrt[4]{230^3}} = \\ &= \frac{750 \cdot 0,0484}{59,1} \approx 0,61. \end{aligned}$$

Якщо тепер визначити обводу швидкість через наведене число обертів, то матимемо:

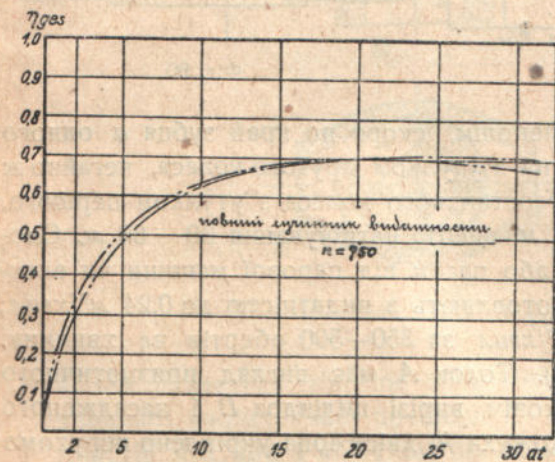
$$u = \frac{\pi D n}{60} = \frac{\pi D n_0 \sqrt[4]{H^3}}{60 \sqrt[4]{Q}},$$

а підставляючи сюди вартості D (96 мм), π , n_0 (0,61) і Q (0,00234), збудемо:

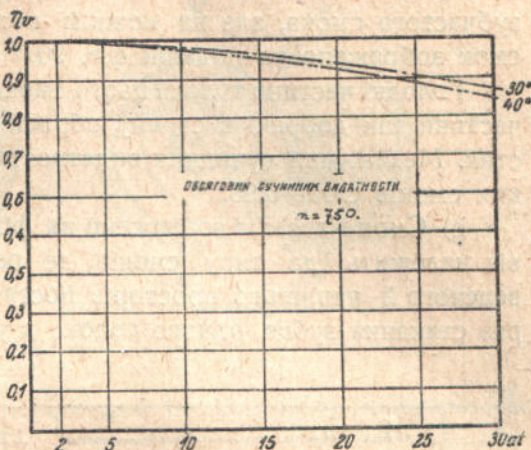
$$u = 0,0633 \sqrt[4]{H^3}.$$

Застосовуючи цю формулу до напорів на 50 м, 100 м і 150 м, що фігурують у діаграмі (89), знайдемо відповідні обводові швидкості:

$$\begin{aligned} u_1 &= 1,19 \text{ м/сек}; u_2 = 2,03 \text{ м/сек}; \\ u_3 &= 2,7 \text{ м/сек}, \end{aligned}$$



Фіг. 89 б.



Фіг. 89 а.

які, видимо, дуже добре (якщо взяти до уваги, що наша формула для n_0 стосується до максимального гідравлічного сучинника видатности, а на діаграмі (89) є повний сучинник видатности) збігаються з обводовими швидкостями діаграми (89), що за них одержані максимальні сучинники видатности. Із діаграми (89), між іншим, можна висувати, що було б дуже не доцільно зубчасті смоки пускати

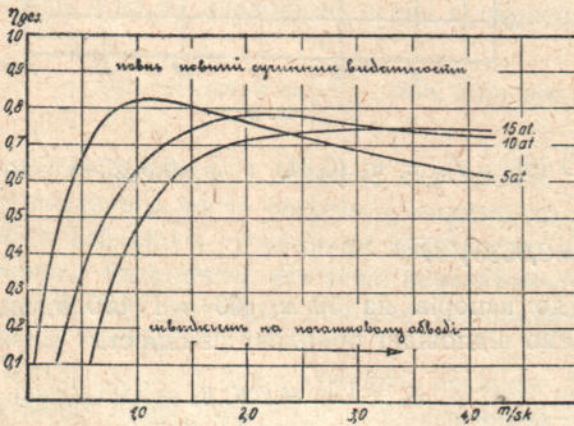
з великою швидкістю за малих напорів; і в оцих випадках доцільніше застосовувати смоки з великим ступенем і малою обводовою швидкістю.

Для значніших напорів потрібні малі ступені й значніші обводні швидкості. Треба підкреслити, що у виготовленні зубчастих смоків найбільш важить старанність виконання їх.

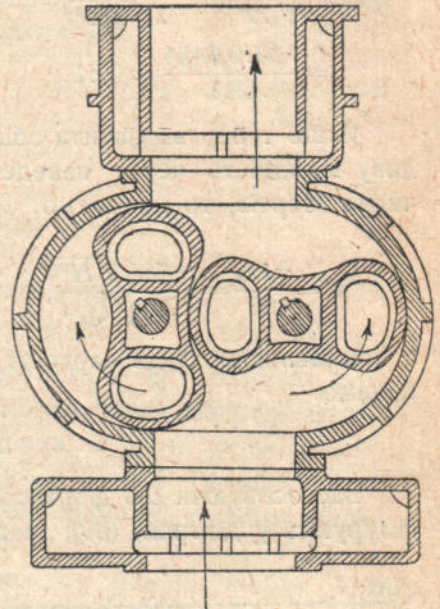
б) Смок Root'ів своєю ідеєю дуже близький до щойно розглянутого зубчастого смока, але на кожному колесі є тільки, ніби, два зубці. Такий смок зображено на поданій фіг. 90.

Головні частини толока цього смока обрисовані дугою кола, переміжні ж частини так добрані в своєму обрисі, що між обома толоками є постійний стик. Механічний сучинник видатності таких смоків сягає 0,95.

с) Смок Nacher'ів зображено на фіг. 91; він належить до типу смоків, де розділ всисного й напірного просторів постає через стикання зубця одного толока з утул-



Фиг. 89 в.

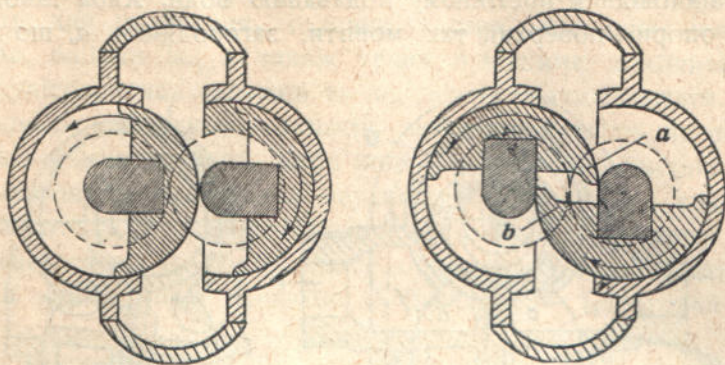


Фиг. 90.

ком другого толока. У смоці Nacher'овім, скоро до край зубця *a* одного колеса починає виходити із стикання з утулком другого колеса, негайно ж заходить у стикання край зубця *b* останнього колеса з утулком першого. Висота всисання цього смока 6—7 м; висота нагнічування 30—60 м. Смокам цим надається чину рукопаш або пасом від парової машини чи електромотора. Для чину рукопаш виготовляють з видатністю до 0,24 м³/хвил; для машинного від 0,075 до 12 м³/хвил за 350—500 обертів на хвилину.

д) Смок Jop. Tille'ів (фіг. 92). Толок *A* має вигляд призматичного ковзуна, вміщеного в поперечниковім вирізі циліндра *B* і насадженого вільно на чіп *a* ексцентрично до кожуха *k*; хвіст чопа укріплено нерухомо в кожусі. Таким робом, підчас обертання циліндра *B* толок обертатиметься і водночас перемішатиметься радіально в той і той бік до вирізу в циліндрі *B*. На фігурі показано 4 положення толока, що йдуть один по одному, і з них легко уявити перегін течива з всисного простора *S* до нагнітного *N*.

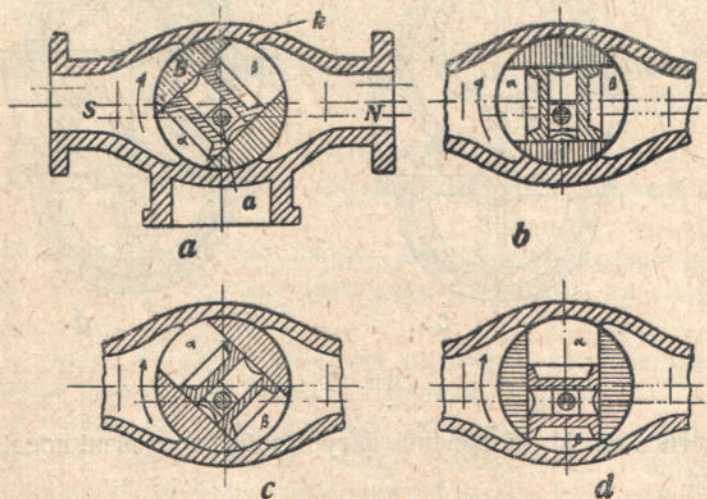
Смок, як видно, становить двочинний смок; подавання нерівномірне, бо коливається від нуля до нуля, переходячи за максимум, отже, поставити на ньому повітряний ковпак доконче треба. Перевагу конструкції стано-



Фіг. 91.

вить те, що щільності злучення легко досягти тим, що поверхні стику становлять поверхні обертання.

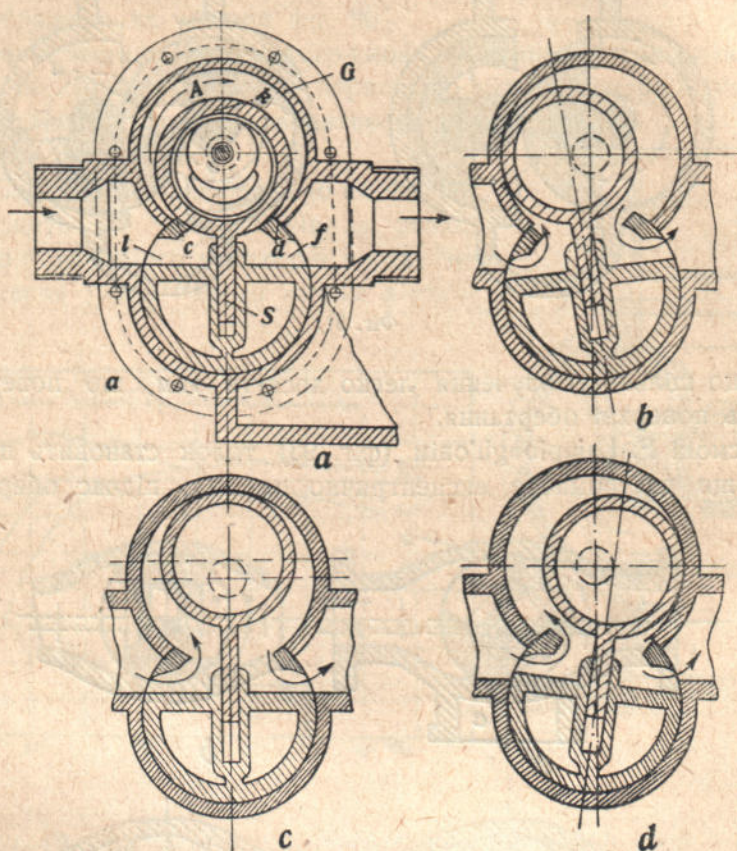
е) В смоці F. Lamplough'овім (фіг. 93) толок становить циліндричне кільце k , що настромлене ексцентрично на вал; підчас обертання вала



Фіг. 92.

кільце рухається так, що воно послідовно дотикається всіх точок внутрішньої циліндричної поверхні G . У наслідок такого руху позад толока простір між ним і кожухом більшає, а спереду зменшується. Щоб розлучити ці простори, на толоці зроблено стінку S , що радіально виступає; вона входить в циліндричне тіло a , що повертається в той і другий бік довкола своєї осі. Це тіло a в своєму центральному положенні входить

трохи своїми краями *c* і *d* в робочий простір *A* і до того так, що в цім положенні зовсім розлучає всисний і нагнітний простори. Тіло *a* має впускне *l* і випускне *f* вікна, що їх так розраховано, щоб вони за різних положень відповідали постійному подаванню води. Хиба такого смока — це великі опорні поверхні, так мовити, загородники *a*, що підпадають



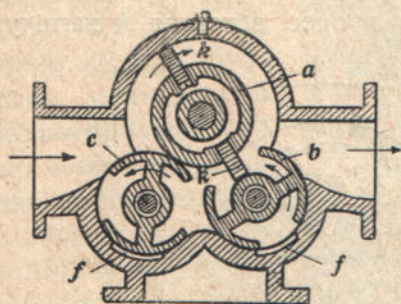
Фіг. 93.

однобічному тискові. На подаваній фігурі зображені різні послідовні положення толока.

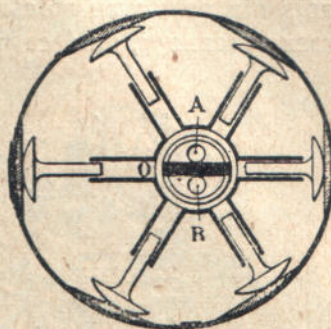
f) Смок фірми Klein, Schanzlin & Becker поданий на фіг. 94; він складається з нагнітного циліндра *a* з двома діаметрально розташованими крилами *k, k* і з двох загородних циліндрів *b* і *c* з широким вирізом для проходу крил *k, k*. Підчас проходження крила у вирізі одного загородника розділяє всисний й напірний простори другий загородник. Усі три циліндри мають однаковий поперечник і однакову обводову швидкість; через це поверхні лише котяться одна на одній, а не ковзають, тому не так хутко зношуються. Віточки *f* і *f* зроблені для зняття толоків.

Цього роду смоки роблять з видатністю від 0,047 до 0,667 м³/хвил, за 200—130 обертів на хвилину.

І ці типи (*b, c, d, e, f*) ротативних смоків, подібно до смоків типу *a*, застосовують для подавання, головно, густих, холодних течив, як от молока, пива, олії та ін., а також течив з м'якими домішками; такі ж домішки, як пісок, ринь, стружки та ін., зовсім виключаються. Перевагу смоків становить відсутність хлипаків, легка доступність до всіх частин, невелика вага й малі розміри. Хиба їхня — невеликий розмірно обсяговий сучинник видатности, що зрідка перевищує 0,9, а часом спадає до 0,8, і невелика висота нагнічування. Механічний сучинник видатности ¹⁾, здебільшого, коливається від 0,6 до 0,7, лише для смоків Root'a він доходить 0,95 і для смоків фірми Klein, Schanzlin & Becker 0,89. Обсяговий сучинник



Фіг. 94.



Фіг. 95.

видатности і в цих усіх смоках змінюється так само, як і в зубчастих смоках, цебто він то більший, що більша кількість обертів, і спадає із збільшенням напору.

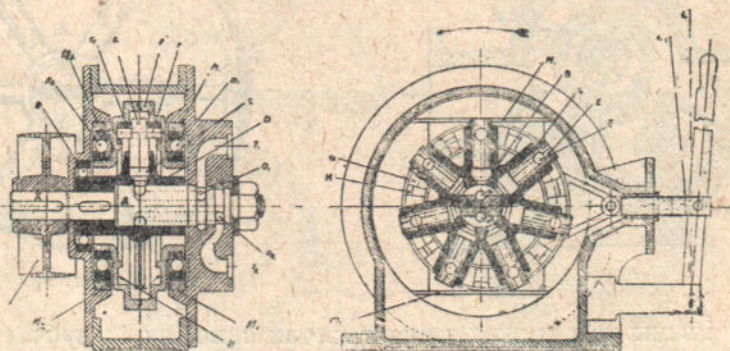
Не важко також і для цих смоків знайти найпридатніше зведене й робоче число обертів. Метода знаходити така сама, як і для зубчастих смоків.

g) Із ротативних смоків з багатьма толоками, що поширені теж для подавання олії в регулятори водяних і парових турбін, але вже під багато більшим тиском проти попередніх, зазначимо смок, зображений схематично на фіг. 95. Смок цей, як видно, складається з нерухомого центрального циліндричного ядра (зовнішня оболонка його має багато отворів), розділеного діаметральною перегородкою на два окремі відділи, з них один *A* злучається з всисним простором, другий *R*—з нагнітним. Довкола цього ядра може обертатись концентрично окреме тіло, що на ньому є декілька відкритих циліндрів. У цих циліндрах перебігають невеликі толоки, що під впливом відосередкової сили пориваються висунутися зовні, але голівка їхня впирається в надвірний циліндричний кожух, що

¹⁾ K a m m e r e r. Versuche mit einer schnelllaufenden Kapselpumpe. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1905, стор. 1040.

розташований ексцентрично як до центрального ядра. Зовнішньому кожухові, що створює непроникливу для води камеру, надається обертальний рух важелем водночас із тілом, що несе циліндри, але навкруг другої осі обертання O , рівнобіжної з першою.

Коли б обидві ці осі, вісь центрального ядра й вісь O , якимсь способом міцно з'єднати між собою, то легко бачити, що під час обертання центрального ядра толочки, що їхні голівки випираються в кожух, будуть тільки обертатись, не переміщуючись супроти центру ядра. Якщо ж такого злучення між осями не буде, то за такого обертання толочки, в наслідок ексцентричності камери, будуть періодично наближатися до осі центрального ядра й віддалятися від нього. В цьому випадку легко бачити також, що в разі обертання за годинниковою стрілкою внутрішні обсяги циліндрів під толоками збільшуються в царині всисання і меншають у царині нагнічування і, тим самим, постає процес всисання й нагнічування



Фіг. 96 а.

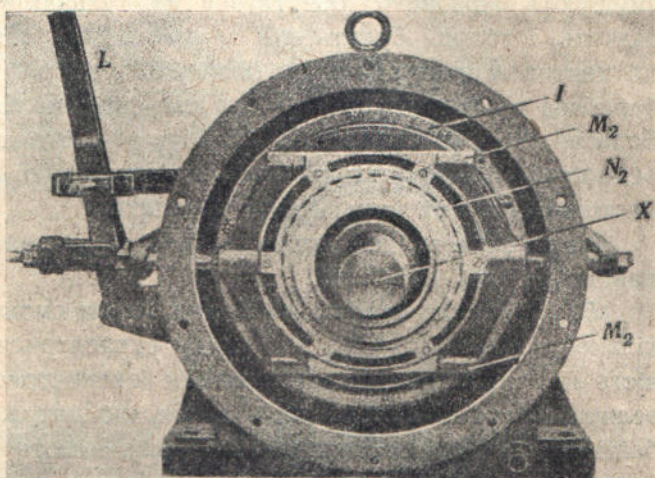
смока. Так само видно, що голівки толочків не будуть триматися стало в наслідок ексцентриситету осей на однакових точках кожуха. Через це на внутрішній поверхні кожуха в зонах його, що на них переміщуються голівки циліндрів, укріплюють плоскі опорні кружала, обкреслені досить великим радіусом; на ці кружала і спираються вже голівки циліндрів. Такі смоки можуть давати за великого числа обертів на хвилину (декілька сотень) вільно тиски до $18 \div 20 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ і навіть більш.

h) Ще цікавіші є ротативні смоки з сталою кутовою швидкістю й змінними подаванням і тиском¹⁾. З таких смоків зазначимо смок Hele-Schaw, що є, власне кажучи, однотиповий з попереднім. Смук цей зображено на фіг. 96. Тілу циліндра B , де висвердлена деяка кількість радіальних циліндрів (C), надається обертальний рух пасовою повіднею або безпосередньо від мотора.

¹⁾ Еу до и х, D. Hydraulique industrielle et usines hydrauliques. Paris, 1921, стор. 139 і далші.

A — це вал смока, що на нім обертається тіло циліндра; у цім валі є двоє каналів, що злучують внутрішні простори циліндрів (C) через отвори O_1 і O_2 із зовнішнім трубопроводом. У зазначених радіальних циліндрах змонтовані толочки (E); кожний толочок сидить на валку (F), рівнобіжному з головним валом A .

Чопи валків лежать в кулісних каменях (G), що ковзаються в кільцевих вирізах (H) стінок рухомого барабана (I). Барабан установлено на кулькових вальниціях, і він може вільно переміщатися в площині сторчової осі смока. Підчас обертання барабана центри валків (F) колують центр ($Ц$) цього колового обертання лежить на осі вала смока. Припустімо, що тіло циліндра обертається в бік стрілки, й що центр ($Ц$) збігається з центром A ; барабан від обертання тіла циліндра також набуває обертання, тим що момент тертя між каменями й стінками кільцевих вирізів (H) більше за відповідний момент кулькової вальниці; явно, в цім випадку ніякого радіального руху толочкам не надається. Це буде мертвий стан.



Фіг. 96 б.

Якщо тепер центр ($Ц$) перемістити ліворуч від центра A , толоки, в період проходження вище за вісь головного вала, віддаляються від A і всисають течиво крізь отвір O_1 ; в той самий час толоки, що проходять нижче за вісь вала, наближаються до A і тим випирають течиво крізь отвір O_2 .

Якщо центр ($Ц$) пересунути праворуч від центра A , толоки переміщуються так, що O_2 стає всисним отвором, а O_1 нагнітним. Отже, напрям руху течива міняється без зміни напряму обертання смока. Надзвичайно дотепна в цім смоці є якраз ця можливість змінювати, на бажання, відстань між центрами $Ц$ і A , при чім, переміщаючи положення центра $Ц$ з одного боку від A на другий, можна видатність смока рівномірно зменшувати до нуля (в момент збігання центрів $Ц$ і A) і знову збільшувати до максимуму, але вже в протилежний бік, віддаляючи центр $Ц$ у протилежний бік від центра A , і ця переміна напряму подавання течива робиться зовсім плавно без всякого вдару.

Кулісні камені (G) проходять повний цикл свого пляху за кожного обертання смока.

За великих швидкостей смока опір, що його чинять кулісні камені, дуже великий, навіть коли кожух сповнити олією, щоб було повне мастіння. Окрім того, як в цьому останнім випадку відбуватиметься переміщення олії, остання ще збільшує опір. А щоб зменшити опір обертання барабана й збільшити, таким робом, сучинник видатности смока, барабан, як зазначувано вже вище, обертається на кульках (N_1, N_2). Смок функціонує вже описаним способом: тіло циліндра (B) несе толоки (E) з їхніми осями (F) і кулісними каменями (G); під час обертання кулісні камені змушують барабан (I) обертатися на кульках (N_1, N_2). Кулісні камені, а значить, і толоки будуть при цьому відходити або, навпаки, наближуватись до центра A під час кожного оберту на відстань, що дорівнює зсувові центра барабана від центра A . За збігу цих двох центрів руху толоків не буває. Барабан створює внутрішню камеру; олія, що сповнює цю камеру, відосередковою силою притискується до зовнішньої периферії й править для мастіння кулісних каменів і чопів валків.

Зміни ексцентриситету досягають за допомогою простого важеля (L) маневруванням рукопаш.

Легко бачити також, що одним таким смоком, за споживання тої самої кількості енергії, можна з великим ексцентриситетом мати велику видатність із малим тиском або з малим ексцентриситетом малу видатність з великим тиском. Такого роду смоки, що потужність їхня може досягати багатьох сотень сил механічного коня, мають чудовий сучинник видатности. Роблять вони при 200—500 обертах на хвилину й можуть дати тиск до 100 кг/см². Вони надто придатні для надавання чинности гідравлічним гнітам.

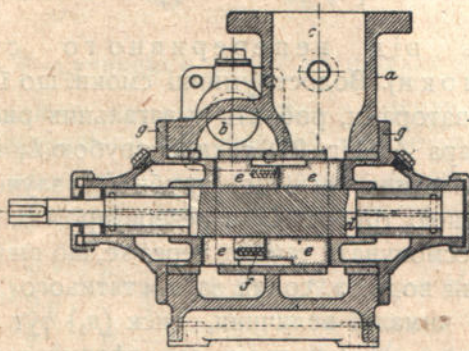
і) Нарешті, щоб зазнайти з коловорітними смоками, вкажемо на такого роду теж ротативні смоки, що вал їхній в سموвій камері має радіальні платівки (заслінки), при чім платівки ці можуть пересуватися й в радіальному напрямі в гарах, зроблених або в погрубшеній для цього частині вала, або в спеціально настромленому на вал зірчастому злучнику і, разом з тим, під впливом криволінійно обкреслених іверових поверхонь покришок у віснім напрямі розграничують всисний простір від напірного.

На поданих рисунках (фіг. фіг. 97а, б, в, г) зображений такого роду смок системи R. Klöngler'a (Wien), що складається з кожуха a , де є всисний патрубок (b) і напірний (c), що обертається разом з валом толока (d).

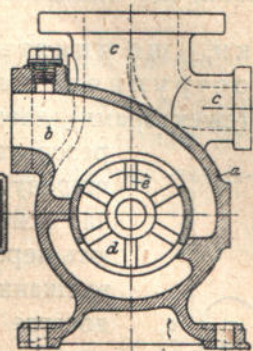
Толок цей, зображений окремо на фіг. 97б, має 6 вісних гар, де рухаються 12 плоских засувок (e); останні намагаються розсунутись у віснім напрямі від тиску пружини (f) і тим самим постійно притискуються до криволінійних поверхонь, що становлять внутрішні іверові поверхні покришок (g) кожуха (фіг. 97а).

Засувки звичайно роблять із твердого кавчука, решту ж частин, що їх обмиває вода, роблять з фосфористого спичу.

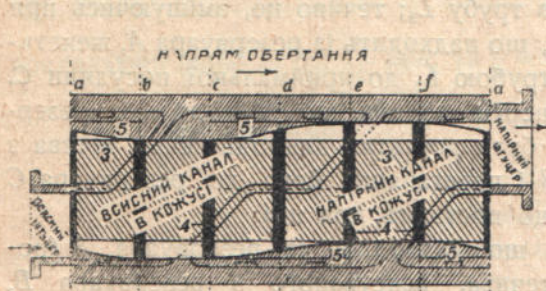
Спосіб чину такого смока ось який: фіг. (97 г) подає розгортку периферії толока, що обертається, і периферії криволінійної поверхні покришок. Підчас перебігу толока з засувками між останніми й покришками кожу



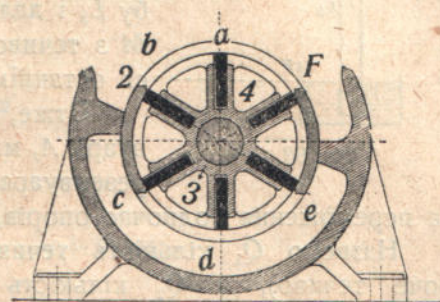
Фіг. 97 а.



Фіг. 97 б.



Фіг. 97 в.



Фіг. 97 г.

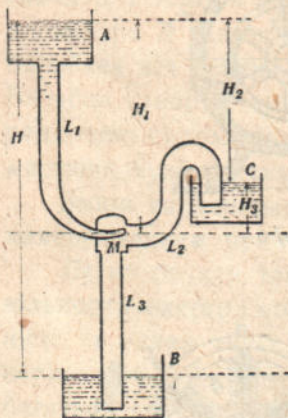
створюються простори, що більшають і меншають, куди пересмокуване течиво втікає і потім випирається. Простори ці вилитими в кожусі каналами злучені так, що для зазначених двобічних просторів досить одного всисного патрубка й одного напірного. В новітніх конструкціях в покришках кожу змонтовані старанно виготовлені кулькові вальниці, що за великої кількості обертів оцих смоків убезпечують цілком бездоганний процес роботи. До цього треба додати, що на тих шляхах, де вісний рух засувок іде в наслідок відповідної форми криволінійних поверхонь покришок (напр., від *c* до *c*, фіг. 97 г), на засувні платівки чинять з обох боків однакові тиски, таким робом засувка знетяжена, а через це і незначна буває спрацьованість і верових боків, що ковзаються по криволінійних поверхнях.

Смоки ці дають надзвичайно рівномірне подавання течива. Роблять вони здебільшого від безпосередньо злучених з ними електромоторів.

Будують такого роду смоки, залежно від призначення, з видатністю від 25 ÷ 125 л/хвил до 1500 л/хвил і для напорів до 40 м і більше.

§ 3. Смоки, що чинять від неперервного струменя води, пари.

а) Смоки, що чинять від неперервного струменя води (водоструминні смоки). Водоструминні смоки, що їх звуть ще викидачами (ежекторами), елеваторами, роблять у загальних рисах так: із резервуара *A* (фіг. 98) течиво трубою L_1 йде у розширену частину нагнітної труби L_2 , злучену водночас всисною трубою L_3 з резервуаром *B*, звідки мають пересмокувати течиво; через те, що швидкість (v_1) витікання води з сопла за достатнього напору H_2 досягає чималої величини, тиск (p_1) тут дуже меншає й стає менший проти атмосферного: в наслідок такого зменшення тиску, надвірний атмосферний тиск вганятиме течиво з резервуара *B* у всисну трубу L_3 і далі в трубу L_2 ; течиво це, змішуючись при *M* з течивом, що надходить із резервуара *A*, женеться останнім трубою L_2 до приймальної посудини *C*.



Фіг. 98.

Отже, енергія течива, що надходить із резервуара *A*, має бути достатня для піднесення течива з резервуара *B* і переганяння його до резервуара *C*

та переможення водночас опорів, що постають при цім.

Назвемо Q_1 кількість течива, що надходить із резервуара *A* (робоче течиво), а Q_2 кількість течива, всисуваного з резервуара *B*, означимо можливі втрати в роботі течива на опори через R_w ; тоді, за прийнятого на фігурі розташування і зроблених означень, безперечно, маємо:

$$\delta Q_1 H_2 = \delta Q_2 (H - H_2) + R_w,$$

або, означаючи δQ_1 та δH_2 відповідно через G_1 і G_2 :

$$G_1 H_2 = G_2 (H - H_2) + R_w. \quad [1]$$

Втрату R_w можна поділити на дві частини: на втрату (R_w) в наслідок співударяння біля *M* кількостей течива Q_1 і Q_2 і на втрату (R_w) в наслідок інших гідравлічних опорів. На підставі відомих тверджень (закон Борда-Карно та ін.), видимо, маємо, називаючи v_1 швидкість течива біля *M*, що надходить із *A*, v_2 швидкість течива, підношуваного з *B*, та v за-

гальну швидкість у трубі L_2 ,

$$R_{w_1} = G_1 \frac{(v - v_1)^2}{2g} + G_2 \frac{(v - v_2)^2}{2g} \quad [2]$$

$$R_w = \xi_1 G_1 \frac{v_1^2}{2g} + \xi_2 G_2 \frac{v_2^2}{2g} + (G_1 + G_2) \frac{v^2}{2g} (1 + \xi), \quad [3]$$

де ξ_1 , ξ_2 та ξ —сучинники опору на шляхах \overline{AM} , \overline{BM} та \overline{MC} .

Припускаючи, що рівні течива в посудинах A, B, C не змінюються, що посудини відкриті, й що тиск на течиво в них дорівнює атмосферному тискові p_a , називаючи, далі, тиск біля M до змішування течив p_1 , а після змішання p , ми здобудемо низку таких наочних відношень:

$$\left. \begin{aligned} (1 + \xi_1) \frac{v_1^2}{2g} &= \frac{p_a - p_1}{\delta} + H_1 = H_a - h_1 + H_1 \\ (1 + \xi_2) \frac{v_2^2}{2g} &= \frac{p_a - p_1}{\delta} + H_1 - H = H_a - h_1 + H_1 - H \\ \frac{v^2}{2g} &= \left(\frac{p_a - p}{\delta} + H_1 - H_2 \right) (1 + \xi) = (H_a - h + H_1 - H_2) (1 + \xi), \end{aligned} \right\} \quad [4]$$

покладаючи ще $\frac{p_a}{\delta} = H_a$, $\frac{p_1}{\delta} = h_1$ та $\frac{p}{\delta} = h$.

Опріч того, видимо

$$\begin{aligned} G_1 &= F_1 v_1 \delta \\ G_2 &= F_2 v_2 \delta \\ G_1 + G_2 &= (F_1 + F_2) v \delta, \end{aligned}$$

де через F_1 і F_2 позначені площини поперечних перекроїв течивних струмин, що змішуються біля M .

Підставляючи тепер у рівняння [1] вартість R_w , одержимо відношення:

$$\begin{aligned} G_1 H_2 &= G_2 (H - H_2) + G_1 \frac{(v - v_1)^2}{2g} + G_2 \frac{(v - v_2)^2}{2g} + \xi_1 G_1 \frac{v_1^2}{2g} + \xi_2 G_2 \frac{v_2^2}{2g} + \\ &+ (G_1 + G_2) \frac{v^2}{2g} (1 + \xi), \end{aligned} \quad [5]$$

вилучаючи з нього швидкості v , v_1 , v_2 через подані вище вартості [4], можна було б здобути, як це зробив Lorentz¹⁾, залежність між кількостями подаваного і робочого течива, у функції від напорів і відношення площ F_1 та F_2 . З огляду на складність одержуваної при цім залежності (4-го

¹⁾ Lorentz, H. Technische Hydromechanik. Berlin. 1910, стор. 92.

ступеня) й неможливість зробити з неї наочні висновки, можна обмежитися на простішим висновку. Ділячи в рівнанні [5] члени з G_1 та G_2 , находимо:

$$G_1 \left[H_2 - \frac{(v-v_1)^2}{2g} - \xi_1 \frac{v_1^2}{2g} - (1+\xi) \frac{v^2}{2g} \right] = G_2 \left[H - H_2 + \frac{(v-v_2)^2}{2g} + \xi_2 \frac{v_2^2}{2g} + (1+\xi) \frac{v^2}{2g} \right],$$

звідки

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{H_2 - \frac{(v-v_1)^2}{2g} - \xi_1 \frac{v_1^2}{2g} - (1+\xi) \frac{v^2}{2g}}{H - H_2 + \frac{(v-v_2)^2}{2g} + \xi_2 \frac{v_2^2}{2g} + (1+\xi) \frac{v^2}{2g}}. \quad [6]$$

А як очевидно, що смок чинить лише тоді, коли $G_2 > 0$, то, безперечно, маючи ще на увазі, що знаменник другої частини останнього відношення [6] завжди додатний, має бути виконана умова

$$H_2 - \frac{(v-v_1)^2}{2g} - \xi_1 \frac{v_1^2}{2g} - (1+\xi) \frac{v^2}{2g} > 0,$$

або

$$H_2 - \frac{v_1^2}{2g} (1+\xi_1) - \frac{v^2}{2g} (2+\xi) + \frac{2vv_1}{2g} > 0,$$

або

$$v^2 - \frac{2v_1}{2+\xi} v - \frac{[2gH_2 - v_1^2(1+\xi_1)]}{2+\xi} < 0.$$

Отже, гранична вартість швидкості v буде:

$$v = \frac{v_1}{2+\xi} \pm \sqrt{\frac{v_1^2}{(2+\xi)^2} + \frac{2gH_2 - v_1^2(1+\xi_1)}{2+\xi}};$$

щоб корені цього рівняння були дійсні, треба додержати умови

$$\frac{v_1^2}{(2+\xi)^2} + \frac{2gH_2 - v_1^2(1+\xi_1)}{2+\xi} > 0,$$

або

$$\frac{v_1^2}{2+\xi} + 2gH_2 - v_1^2(1+\xi_1) > 0.$$

Розв'язуючи цю нерівність, знайдемо:

$$\xi < \frac{1}{1+\xi_1 - \frac{2gH_2}{v_1^2}} - 2,$$

або, підставляючи вартість v_1^2 ,

$$\xi < \frac{1}{(1 + \xi_1) \left[1 - \frac{H_2}{H_a - h_1 + H_1} \right]} - 2. \quad [7]$$

Отже, сучинник опору в трубопроводі \overline{MC} не повинен перевищувати якусь певну величину, коли бажають, щоб смок взагалі функціонував. Тим що, далі, за всяких умов $\xi > 0$, то впливає, що й

$$\frac{1}{(1 + \xi_1) \left[1 - \frac{H_2}{H_a - h_1 + H_1} \right]} - 2 > 0,$$

або

$$\frac{1}{2(1 + \xi_1)} > 1 - \frac{H_2}{H_a - h_1 + H_1},$$

або

$$\frac{1}{2(1 + \xi_1)} > \frac{H_a - h_1 + H_1 - H_2}{H_a - h_1 + H_1},$$

або

$$\frac{1}{2(1 + \xi_1)} > \frac{H_a - h_1 + H_3}{H_a - h_1 + H_1}; \quad [8]$$

одержали умову взагалі функціонування смока. Отже, з вищенаведеного видно, що чинність смока буде то досконаліша, що менша висота нагнічування проти напору робочого течива й що коротший трубопровід MC .

Найпридатнішу вартість швидкості v ми знайдемо, продиференціювавши чисельника виразу (6) і зрівнявши здобутий вираз з нулем, матимемо:

$$\frac{2(v - v_1)}{2g} + \frac{2(1 + \xi)v}{2g} = 0,$$

звідки

$$v = \frac{v_1}{2 + \xi}.$$

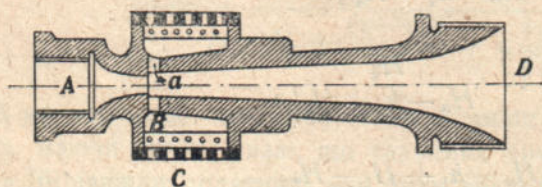
Гідравлічний сучинник видатності смока буде, видимо:

$$\eta_c = \frac{G_2(H - H_2)}{G_1 H_2} = \frac{G_2}{G_1} \left(\frac{H}{H_2} - 1 \right),$$

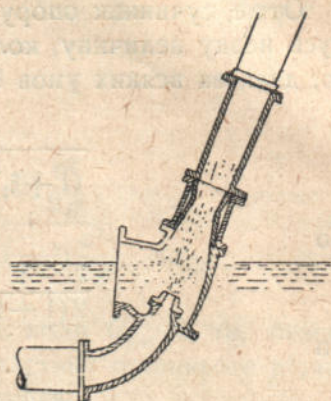
або, беручи до уваги відношення [6],

$$\eta_c = \frac{\left[H_2 - \frac{(v - v_1)^2}{2g} - \xi_1 \frac{v_2^2}{2g} - (1 + \xi) \frac{v^2}{2g} \right] \left[\frac{H}{H_2} - 1 \right]}{H - H_2 + \frac{(v - v_2)^2}{2g} + \xi_2 \frac{v_2^2}{2g} + (1 + \xi) \frac{v^2}{2g}}. \quad [9]$$

Сучинник видатності цього смока надто малий і ще за Ібен'овими ¹⁾ даними, здобутими підчас випробування смоків цього роду (фірми Körting), звичайно не перевищує $0,23 \div 0,25$, в новітніх типах сягає ²⁾ $0,28 \div 0,33$. Не вважаючи на невеликий сучинник видатності, розглядуваних смоків часто-густо вживають там, де є досить робочого течива, головню, води під тиском і, до того, для різної мети; їх вживають, напр., в домовому господарстві на висмокування води з льохів, підвалів та ін., коли потраплять туди ґрунтові або зливові води, користуючись для



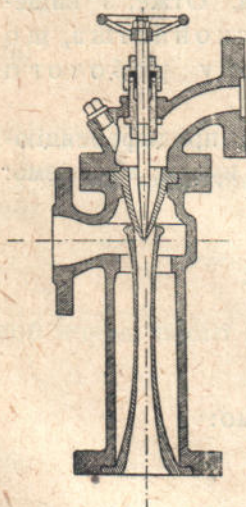
Фіг. 99.



Фіг. 100.

цього, як з робочої води, води з водогонів; вживають у гірництві підчас спорудження тунелів, у висушних роботах, у каналізаційному ділі тощо.

У хатньому вжитку дуже поширений тип смока, зображений на подаваному схематичному рисунку фіг. 99; надходить робоча вода крізь патрубок *A*, всисна вода надходить крізь сітку *C*, крізь простір *B* і далі, крізь отвори *a*; до горловини *D* прилучається напірну трубу. В зображеному вигляді апарат можна безпосередньо покласти у воду, що її мають усунути.



Фіг. 101.

До такого ж типу струминних смоків належить і смок, зображений на фіг. 100, що їм можна нагнічувати воду безпосередньо з ріки, і навіть дуже брудну, як от воду, насичену піском, а так само й каналізаційну й т. ін.

В разі, коли умістити апарат безпосередньо в пересмокуване течиво з якихось причин не зручно, виникає потреба злучити його з течивом через всисну трубу. Такого роду смоки (фіг. 101) виробні Körting (Нап-повер), за напору робочої води на $3\frac{1}{2} \div 4$ атм. вільно всисають воду з глибини 3 м і підносять на висоту близько 5 м; будують їх на подавання від 1 до 10 м³/год. Будують смоки

¹⁾ Iben. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1880, стор. 682; 1885, стор. 252 та 866.

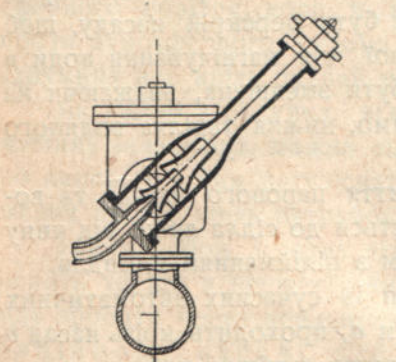
²⁾ Gibson, A. H. Hydraulics and its Applications. London. 1925, стор. 678 і далші.

розглядуваного типу і згідно з рисунком фіг. 102. Нарешті, виготовляють смoki і з декількома соплами, як от зображений на фіг. 103 (системи Greathead).

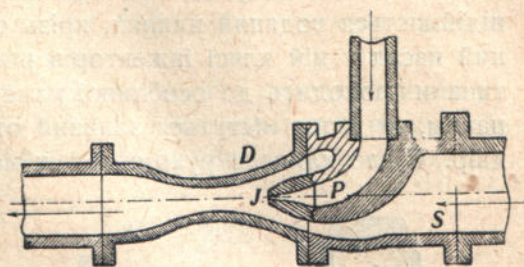
Робочі напори для струминних смоків сягають на практиці до 800 м; щойнайбільші пересмокувані кількості води до 150 м³/год й більш.

б) Смоки, що чинять від непереривного струменя пари (інжектори). Інжектор в суті становить той самий смок, що його розглядувано вище, тільки замість робочої води за діяльного чинника є пара, а за пересмокуване

течиво завжди буде вода. Такого роду смоків вживають майже виключно для живлення парових казанів, і під-поділяються вони на дві головні класи: інжектори, що всають воду, і інжектори, що одержують її під напором.



Фіг. 103.

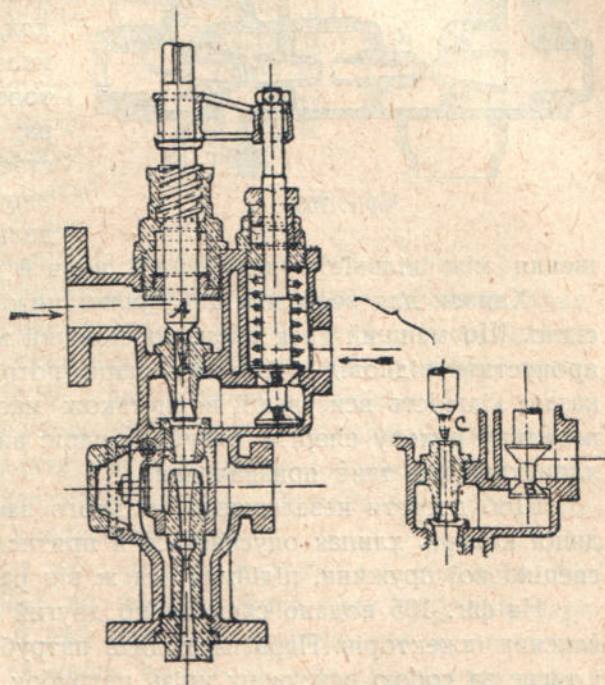


Фіг. 102.

течиво завжди буде вода. Такого роду смоків вживають майже виключно для живлення парових казанів, і під-

поділяються вони на дві головні класи: інжектори, що всають воду, і інжектори, що одержують її під напором.

На поданому рис. 104 зображений, напр., інжектор англійської виробні Holden & Broke, що належить до



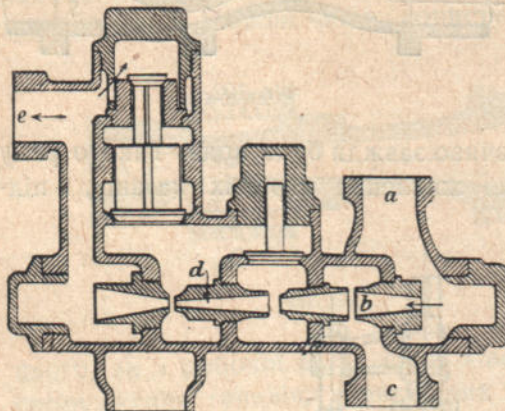
Фіг. 104.

класи інжекторів („рестартинг“-інжектор), що автоматично присають. Згідно з рисунком випуск пари регулюється шпінделем А, що його можна пересувати догори або донизу, повертаючи цього шпінделя за допомогою корби, настромлюваної на голівку шпінделя. На шпіндлі, oprіч того, є консоль, до отвору її просовується стрижень Р, на нижньому його кінці

сидить хлипак; останній міститься в водяній коробці. Підчас обертання корби в бік підняття шпіндля впускається пара до так званого конденсаційного насаду, де вона конденсується, через це й тим що водночас підіймається водяний хлипак, крізь останній всисається вода. Конденсаційний насад у цій клясі інжекторів розрізано, при чім прозір між його частинами проходить до особливої камери (зливної), що закривається хлипаком, за яким міститься зливний отвір, що безпосередньо виходить надвір. Сідло хлипака рухоме, отож можна установити інжектора в першім-

ліпшій положенні, аби не хлипак вільно закривався від власного тягара.

Коли надають інжекторові чинности, шпіндель (А) підіймають не зразу на нормальну висоту, а спершу на зовсім малу висоту; крізь отвір, що є в наконечникові шпіндля, і розміщений по осі в ньому маленький паровий насад починає тоньким струмком виходити пара; в наслідок конденсації пари постає засмоктування, як згадувано вище, води. Обертаючи далі шпіндель, визначають відповідно відно-



Фіг. 105.

шення між кількістю всисуваної води й впускуваної пари.

Хлипак для води має дві тарілки, нижня з них вільно проходить крізь сідло. Що менший тиск пари, то більший має бути перекрій насаду, щоб пропустити відповідну кількість пари, потрібної для нагнічування води в казан; кількість всисуваної води також має бути зменшена, зважаючи на невелику рухову енергію струменя пари; видимо, нижня тарілка водяного хлипака й має таке призначення.

Щоб досягти незалежного щільного закриття парового насаду та водяної камери, хлипак опускається й притискується до сідла лише від чину спеціальної пружини, підіймається ж він разом з підійманням шпіндля.

На фіг. 105 подано схематично другий тип із сучасних автоматичних всисних інжекторів. Пара надходить патрубком а, проходить крізь насад b і тягне за собою всисувану крізь патрубок с воду; сумішка пари з водою проходить, далі, крізь назад d, що складається з двох частин, і, нарешті, проходить у казан крізь впускний отвір e; показані вгорі двоє хлипаків е запобіжні, при чім лівий править за зливний для усунування надмірів пари з водою.

Із невисисних інжекторів наведемо схему інжектора фірми Namer Metcalfe and Devies, що чинить м'ятою парою (фіг. 106). Пару подається крізь насад а, воду подається або з вміщеного вгорі казановні спеціального ре-

зервуара, або безпосередньо з водогону патрубком *c*. Паровий насад, з огляду на невеликий тиск м'ятої пари, і через те чималого її обсягу, має більші розміри проти інжекторів, що роблять свіжою парою. Шпindel *B*, вміщений по осі цього насаду, служить для надавання струміні правильної циліндричної форми.

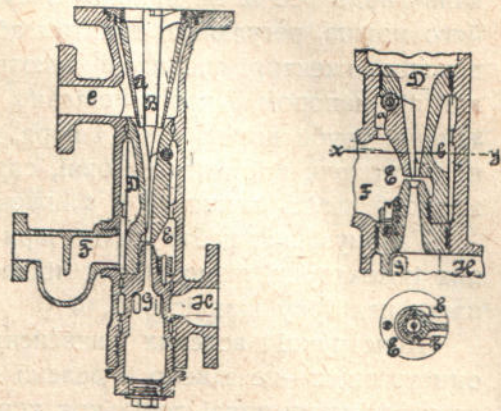
Конденсаційний насад також довший за звичайні і складається з нерухомої частини *D* і рухомої *E*, що обертається біля показаної на рисунку осі. Обидві половинки точно припасовані одна до одної; щоб не було бічного пересування нерухомої частини, є два ребра, між ними міститься виступ стінки корпусу. В прямовисному стані інжектора рухома частина має прямовисне положення, отож прохідний перекрій насаду — збільшений; в поземному стані рухома частина має бути вгорі й притискуватись до нерухомої частини насаду від власного тягара.

Коли інжекторові надають чину, рухома частина дещо відходить від нерухомої і тим збільшує перекрій насаду.

Підводжувана від машини м'ята пара виходить крізь патрубок *F*, що вміщений збоку, і де *e*, як показано на рисунку, поперечне ребро, призначення якого створити водяну закривку і тим не допускати допливу атмосферного повітря; коли в конденсаційному насаді тиск стане менший проти атмосферного, рухома частина насаду наближається до нерухомої, і струмина йде крізь падний насад *G* і патрубок *H* до казана.

Як видно з рисунка, вгвинчуючи або вигвинчуючи нижню внутрішню частину інжектора, можна віддаляти або наближати конденсаційний насад до парового і тим регулювати надходження води. За неправильного положення насаду крізь патрубок *F* з'являється вода.

Таким робом, істотну відміну двох розглянутих типів інжекторів становить те, що в першій з них іще до початку його чину струмина пари має зробити через конденсацію її вже достатнє розрідження в конденсаційному насаді, щоб туди могла всисатись вода. Досягають цього тим, що, поперше, паровому насадові надається відповідної форми, і, подруге, інжектор має досить великих розмірів зливу (називану часом вестовою) трубу, щоб крізь неї в момент пуску інжектора в рух вільно виходила надвір пара з повітрям; трубка ця відкрита за допомогою вентилля або гранта лише коли пускається в рух інжектор; потрете, нарешті, відмінність становить те, що при всиснім інжекторі стає конче потрібним хлипак або грант, що ним у момент пуску інжектора в рух можна було б



Фіг. 106.

регулювати кількість випускуваної пари; часом це робиться, як ми бачили вище, шпіндлем, що рухається в напрямі осі насаду й що має конічно стончений конус.

Із вищесказаного видно також, що, залежно від кляси інжектора, надання йому чину буває різне. У всиснім інжекторі для цього пускають спершу тонку струмину пари при відкритому зовсім вентилі або гранті на всисній трубі і, потому, як крізь зливну трубу стане показуватися вода, струмину цю збільшують, при чім, коли при зовсім відкритім гранті витікання води все ж не припиняється, це вкаже на надмір її; прикоротити його можна, регулюючи грантом або вентилям на всисній трубі. При невсиснім інжекторі спершу пускають воду, що надходить, як згадувано вище, під напором, і потім повільно впускають пару. Це бажано тому, що зливної труби все ж мало, і пара, випущена одразу у великій кількості, не встигаючи виходити назовні, спричинила б сильний удар по воді, і це могло б навіть викинути її з інжектора.

Гальмування, цебто вихід пари крізь всисну трубу, можливе і у всисних інжекторах, якщо тільки підчас пуску інжектора в рух впустити крізь насад надмірну кількість її.

Конструкцій всисних і невсисних інжекторів є надзвичайно багато, і описувати їх—це завело б далеко за межі цієї книги. Тому, обмежуючись на наведеному описі декількох конструкцій, ми відсилаємо читача, що цікавиться докладнішими відомостями в даному питанні, а так само і щодо теорії інжекторів, до спеціальних монографій та статтів про інжектори¹⁾.

Відзначмо тільки, що заведення у водострумний смок пари, як робочого течива, безперечно, ускладнює теорію смока, бо в ньому відбуваються вже термодинамічні процеси, при чім виявляється, що термічний сучинник видатности інжекторів дуже великий і сягає вартости 0,95 і навіть більш; щодо механічного сучинника видатности, цебто відношення кінетичної енергії живильної води, що використовується для нагнічування її в казан, до енергії води й пари, або відношення теоретично потрібної корисної роботи, що потрібна для піднесення води, до кількості тепла, вираженого в механічній роботі й витраченого на утворення відповідної кількості пари, то цей сучинник, навпаки, надто малий: 1÷3%; через це інжектор, як пристрій для живлення казанів, дуже придатний, але як смок для пересмокування води, якщо тільки зогрівання не має ваги, цілком не зисковий.

¹⁾ Hughes, V. A. B. The Steam Injector. London. 1922.

Schrauff, G. Versuche mit dem Körtingschen Universal und Siemensschen Restarting Injektor. Zeit. d. Ver. Deut. Ing. 1909, стр. 772 і 817.

Крылов, А. М. „Теория и расчет инжектора“, Томськ 1908.

Митте. „Пароструйные приборы“. 1906.

Carlo. Theorie des Injectors. Zeit. für Dampfkessel und Maschinenbetrieb. 1904, стр. 333.

Herrmann, E. Theorie des Injectors. Zeit. d. Oester. Ing. und Archit. Ver. XXX, стр. 114.

Grashof. Theoretische Maschinenlehre. Bd. III.

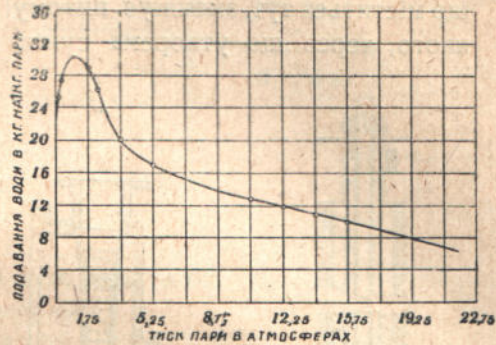
Щодо видатності інжекторів, то вона досягає $300 \text{ м}^3/\text{год}$, при чім за тиску пари на $3\div 10 \text{ атм.}$ холодну воду вони можуть нагнічувати на висоту $24\div 40 \text{ м}$, залежно від того, чи буде висота всисання менша за 7 м чи менша ніж $1,5 \text{ м}$. Інжектори невисисні можуть підносити воду на подвійну висоту за того самого тиску пари.

Якщо висота напору не перебільшує $2\div 3 \text{ м}$, то інжектор може нагнічувати (до 80° C) воду. Треба лише мати на увазі, що, коли висота всисання й температура підіймаються вище за певну, що залежить від тиску пари, величину, інжектор не робить.

Коли вода підтікає до інжектора або висота всисання невелика (менша ніж 1 м), то гранична температура підношуваної води до якогось певного тиску пари то вища, що більший цей тиск; а втім, за ще більшого тиску пари гранична температура води знижується. Що тепліша живильна вода, то менше нагнічування. Із збільшенням висоти всисання гранична температура живильної води має знижуватися, як ото коли інжектор, що чинить парою з тиском на 7 атм. при висоті всисання $2\div 3 \text{ м}$, може ще нагнічувати воду з температурою $45\text{—}50^\circ \text{ C}$, то при $4\div 5 \text{ м}$ всисання може вже нагнічувати воду з температурою не більшою як $35\div 40^\circ \text{ C}$.

Злучаючи два інжектори послідовно, як запропонував був Körtling (так звані універсальні інжектори), можна набагато збільшувати висоту всисання й висоту нагнічування гарячої води.

Нарешті, варт мати також на увазі, що із збільшенням тиску пари кількість подаваної інжектором води взагалі меншає через дуже збільшувану витрату пари крізь насад. Це чудово потверджується з наслідків спроб, що їх подано¹⁾ на долучуваній діаграмі (фіг. 107).



Фіг. 107.

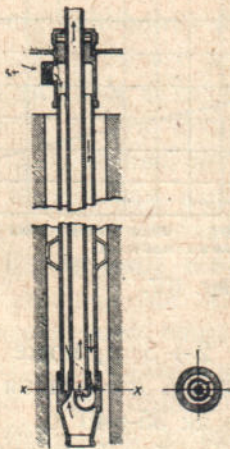
§ 4. Смоки, що чинять розрідженням підношуваного течива повітрям, що нагнічується в нього під тиском (мамут-смоки).

Застосування стисненого повітря до пересмокування течив безпосереднім тиском цього повітря на течиво, як уже згадувано вище, через низку причин не має великого поширення. Далеко більш поширений інший метод використання на це стисненого повітря, що його запропонував був ще 1797 року гірничий майстер С. Е. Loscher (Німеччина).

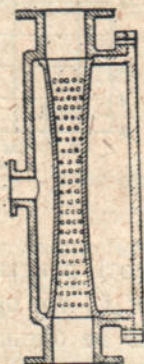
Метод цей, що вдосконалювано його протягом досить довгого часу й надто практично опрацьовано на початку нашого століття від Borsig'a

¹⁾ Journal of the Franklin Institute, 1906.

(Берлін), полягає в тім, що в течиво, що його мають пересмокувати, занурюють дві труби, одну широку, другу вузьку, що йде поруч першої й що злучається внизу з внутрішнім простором широкої труби якимнебудь способом (на фіг. 108 а, б, в, показані такі способи). Вузькою трубою під тиском із спеціального компресора подається повітря. Повітря це, нагнічуване таким робом у нижню частину широкої труби, переміщуючись (у формі повітряних бульок) з течивом, що міститься тут, зменшує питому вагу останнього, через що утворена суміш повітря й



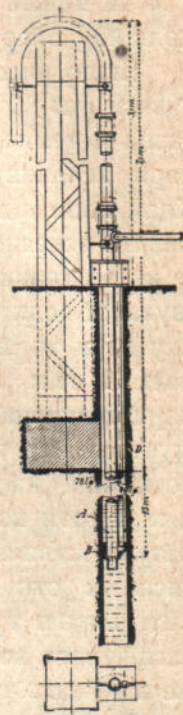
Фіг. 108 а.



Фіг. 108 б.



Фіг. 108 в.



Фіг. 109.

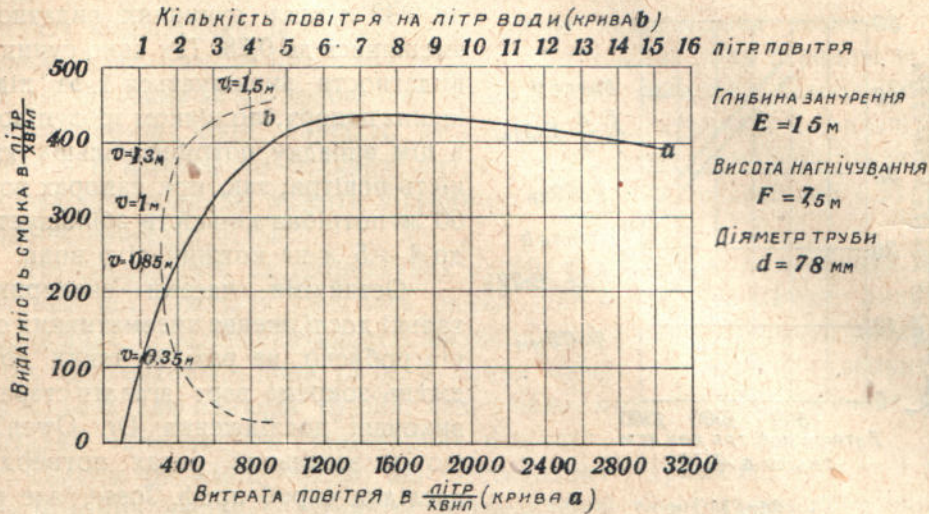
води може підноситись на чималу висоту й тим самим переганятись до другої посудини, що стоїть на більшій висоті. Підймальна спроможність у такого роду апаратах за сприятливих умов виявляється так сильно, що разом з водою може викидатись по широкій трубі пісок, ринь, куски ґрунту тощо.

Перше систематичне випробування таких смоків зробив ще проф. Josse ¹⁾ (Берлін). Загальний розполіг спробної устави показано на додаваному рисунку (фіг. 109), при чім підчас спроб користалися з труб із поперечником на 70 і 78 мм.

Із спроб Josse виявилось, насамперед, що найпридатніше відношення між довжиною (L_a) зануреної в пересмокуване течиво частини труби та висоти нагнітної труби (L_n) лежить у границях від 1:1 до 3:2. Кількість повітря, що потрібне на пересмокування течива (за таке течиво підчас спроб Josse була вода), залежить, звісно, від кількості пересмокуваної води та від висоти нагнічування.

¹⁾ Josse, E. Versuche mit Mammuthpumpen. Mitteilungen aus dem Maschinen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin, 1899, H. II, стор. 34 і далі.

Як показує крива *a* рисунка 110, що становить графічну інтерпретацію наслідків спроб Josse, видатність смока із збільшенням кількості впуску-

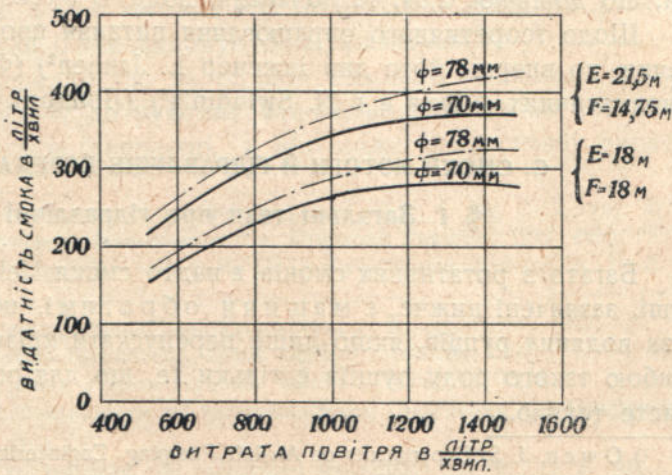


ваного повітря спершу зростає до якоїсь найбільшої вартості і, перейшовши її, починає спадати. Крива *b* показує далі, що зисковно найпридатніша видатність

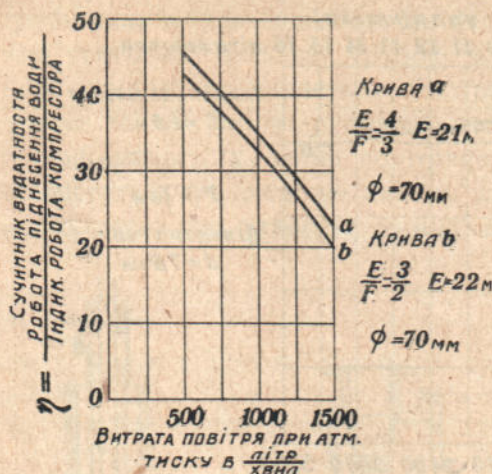
буде за помірних напружень його: виявляється, що розмірно найменше споживання повітря дорівнює 1,65 л (зведеного до атмосферного тиску) на кожний літр води за загального нагнічування 250 л на хвилину; а втім, споживання повітря при подаваннях води в границях від 50 до 400 л на хвилину не перевищує 2,5 л на

літр води, і тільки при видатності більшій як 450 л на хвилину в умовах спроб витрата повітря, набагато збільшуючись, стає незисковна.

Найбільший сучинник видатності, цебто відношення роботи, теоретично потрібної для піднесення води до індикаторної роботи компресора,



здобутий при відношенні $\frac{L_v}{L_n} = \frac{21}{15,4} \approx 4:3$ і при подаванні 216 л на хвилину, як виявилось, дорівнює 0,45; при збільшенні кількості подаваної води



Фіг. 110 в.

до 342 л/хвил сучинник видатности зменшився до 0,28. Так само сучинник видатности зменшується і за підвищення напору, що цілком зрозуміло, бо в цім випадку потрібна більша кількість повітря; так, при напорах понад 60 м потрібна кількість збільшується до 4÷5 л на кожний літр води.

Останніми часами експериментальні дослідження пневматичних смоків роблено не раз; із таких досліджень зокрема варт згадати старанно виконані дослідження Dr. Owen'a¹⁾, що в загальних рисах потвердили наслідки спроб проф. Josse, але розширили границі спроб останнього й

сучинник, досягнутий від Owen'a, сягнув величини 0,66 при поперечнику труби 65/8" $\approx 0,160$ м, при напорі (L_n) 29,57 м, зануренні (L_v) на 61,6 м, при відношенні кількостей повітря й води, що дорівнює 2,84, та подаванні води 47 л/сек.

С. СМОКИ-МОТОРИ Й ГІДРАВЛІЧНЕ ПЕРЕДАВАННЯ ЕНЕРГІЇ

§ 1. Загальні тези про гідравлічні передачі

Багато з ротативних смоків, а надто смоки Hele-Schaw зубчасті і деякі інші, зазначені нижче, є машини обратимі, себто вони можуть бути і за водяних рушіїв, якщо лише перепускати крізь них воду під напором. Хибою такого роду рушіїв є тільки те, що для роботи їх потрібне зовсім чисте течиво.

¹⁾ Owen, J. S. Experiments on Air-Lift Pumping. Engineering. 1921.

²⁾ Revue Mécanique. 1909.

³⁾ Swindin, N. The modern Theory and Practice of Pumping. London. 1924. Стр. 199—259.

З інших робіт з пневматичних смоків зазначимо:

Josse, E. Druckluftwasserheber. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1895, 1896, 1898.

Purchas, A. W. Some Notes on Air-Lift Pumping. Proc. Inst. Mech. Engineers. 1917.

Ivens, E. M. Pumping by Compressed Air. New-York. 1920.

Coombs, J. A. Air-Lift Pump. Trans. Soc. Engineers. 1922.

Swindin, N. Chemical Works Pumping. London. 1922, стр. 60—77.

Така властивість згаданих ротативних смоків — бути без жодних перероблювань або смоком або мотором — робить їх надто придатними для поширюваної останніми часами в практиці гідравлічної передачі енергії¹⁾; передавання це набуло собі застосування в тих випадках, коли відстань кінематично зв'язуваних між собою валів машин незначна, коли обопільне положення цих валів могло б без такого роду передачі призвести до злучення їх за допомогою надзвичайно складних злягод повідневих механізмів, коли, нарешті, застосування електричної передачі сили могло б призвести до великих витрат. Обсяговий сучинник видатности гідравлічних передач лежить у границях 0,96 ÷ 0,97, механічний 0,81 ÷ 0,82 і навіть набагато більш.

Не спиняючись на теоретичних засобах і більших подробицях цього питання, що виходить уже поза рямки цієї книги, відзначимо лише, що гідравлічне передавання енергії застосовується поки, головно, до автомобілів, локомотивів, танків та ін. рухомих машин для приводу тягових осей і в суднах для приводу рушіїв, але, звісно, може бути застосоване в принагідних випадках і в стаціонарних машинах.

Цілком зрозуміло також, що застосування гідравлічної передачі в усяких рухомих машинах потребує встановлення такої загальної схеми розміщення смоків-генераторів і смоків-моторів: смок-генератор, що пускається в рух якимбудь рушієм (звичайно дизелем або паровою турбіною), подає течиво під тиском до смока-мотора; останній під впливом цього тиску течива набирає здатности обертатись, обертає при цім звичайно безпосередньо злучений з ним тяговий вал відповідної машини (локомотива, автомобіля та інш.) і тим виконує своє призначення.

При цім цілком очевидно, що на те, щоб можливо було взагалі застосувати гідравлічну передачу до рухомих машин, потрібно, щоб постійно й рівномірно обертовий смок-генератор, а він може бути сталої видатно-

¹⁾ Heller, A. Hydraulischer Antrieb der Motorwagen. Z. d. V. d. Ing. 1912, стр. 577.

Martineau, F. L. Hydraulic Transmission. The Automobil Engineer. 1917, стр. 73.

Wittfeld. Das Flüssigkeitsgetriebe von Lentz für Schwerölokomotiven. Z. d. V. d. Ing. 1921, стр. 1160.

Krüger, R. Tanks Entstehung, Bauart und Verwendung in Kriege. Berlin. 1921.

Raudot, M. La transmission hydraulique. Revue Général Electricite. 1921.

Гухман, А. А. Автомотрисы. Успехи тепловой техники. Ленинград. 1924.

Schumacher, W. Rohölokomotiven mit kompressorlosem Dieselmotor und Flüssigkeitsgetriebe. Z. d. V. d. Ing. 1925, стр. 647.

Müller, Th. Flüssigkeitsgetriebe für Ölmotor-Lokomotiven. Z. d. V. d. Ing. 1925, стр. 499, 595.

Див. також статті в журналах:

The Engineer. August. 1913.

Der Motorwagen. 1914, стр. 216.

Engineering. 1916, стр. 228.

Railway Age. 1922, стр. 323.

Mechanical Engineering. 1922, стр. 666.

сти або перемінної, на бажання в широких границях,—міг обертати смок-мотор, як в одному, так і в другому напрямі, і, до того, кількість обертів смока-мотора могла б змінюватись також на бажання в широких границях.

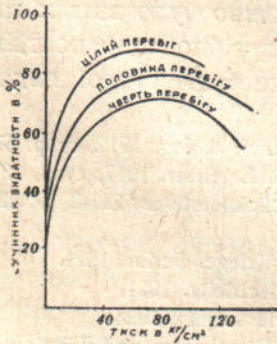
Як здійснюються оці загальні засоби в системах гідравлічних передач, що є тепер, побачимо з наступного розгляду цих систем.

З такого роду систем ми розглянемо, звісно, тільки характеристичні. Таких систем чотири: а) Hele-Schaw'a б) Raudot, в) Lenz'a, г) Föttinger'a.

§ 2. Передача системи Hele-Schaw

Передачу системи Hele-Schaw вперше виконала фірма Thabaud у Парижі; систему становить оліесмок-генератор, закріплений безпосередньо на валі рушія й двох оліесмоків-моторів, установлених на тягових колесах. Як смок-генератор, так і смок-мотори, що відрізняються один від одного лише деякими деталями, зроблені у формі описуваних уже вище ротативних смоків системи Hele-Schaw з числом циліндрів 5 або 7. Тим, що перебіг толока, як уже відомо, визначається з величини зазначеного ексцентриситету, що його в умовах роботи можна змінювати довільно, то з цього постає змога чудово регулювати передавання. З погляду спрацьованості передачу поставлено також у винятково сприятливі умови, бо тут забезпечене добре мастіння під великим тиском усіх рухомих частин; легко також зрозуміти, що тиск в олії більшає з обтяженням. Практика цілком potwierджує це: передача, що встановлена на тритонному ваговозі, прегарно витримала перебіг на декілька тисяч кілометрів за надто важких умов¹⁾.

Вага передачі не перевищує пересічної ваги нормальних механічних передач. Нарешті, величина сучинника видатності передачі та її зміна, залежно від тиску, перебігу толо-



Фіг. 111 а.



Фіг. 111 б.

ків і швидкості, легко з'ясується на підставі діаграм, наведених на доданих рисунках (фіг. фіг. 111 а, б, в²⁾). Як видно з цих діаграм, найбільшої вартості (0,90) сучинник видатності досягає за повного перебігу толоків і 70 атм. тиску, цебто в умовах, що відповідають нормальним.

¹⁾ Der Motorwagen. 1914, стор. 216.

²⁾ The Automobile Engineer. 1917, стор. 76.

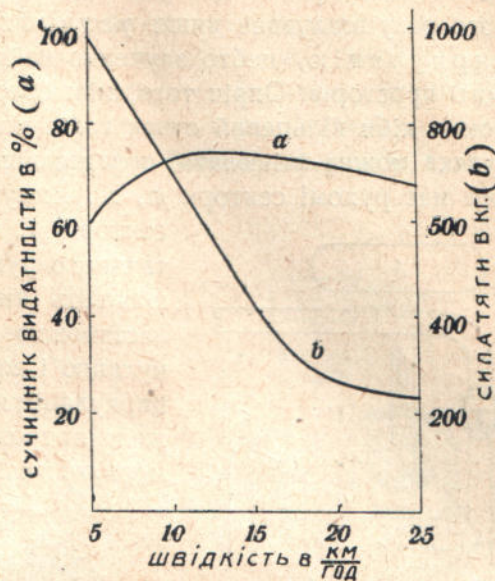
Щодо величини сучинника видатности залежно від швидкості пересування, то подані діаграми показують задовільну вартість цього сучинника тільки при невеликих, порівняно, швидкостях і зменшення його, як при збільшенні швидкості вище за нормальну, так, надто, при зменшенні, при чім для цього зменшення має переважну силу зменшення сучинника видатности моторів. Усе це промовляє за те, що передачу Hele-Schaw можна з успіхом застосувати лише для тихохідних вантажних машин і навряд чи за сьогочасного її стану вона придатна для швидкохідних машин легкого типу.

§ 3. Передача системи М. Raudot

Гідравлічна передача системи Raudot складається також, як і інші аналогічні передачі, з смока-генератора, що віддає течиво під тиском, і смока-мотора, що сприймає це течиво й виконує під впливом його тиску потрібну роботу. Течиво, що відробило в смоці-моторі, знов, потому, надходить у смок-генератор, і отак робить замкнену циркуляцію, при чім таку циркуляцію звать повною зовнішньою корисною циркуляцією.

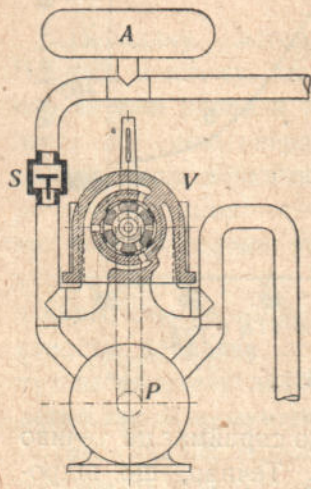
Як для зміни роботи смока-мотора треба змінювати кількість подаваного смоком-генератором у смок-мотор течива, то Raudot досягає цього в своїй передачі включенням у циркуляційну лінію особливого апарату, що його назвав він варіаційним апаратом; через це постає змога зменшувати на бажання кількість течива, впроваджуваного в зовнішню корисну циркуляцію, змушуючи решту течива брати участь лише у внутрішній циркуляції, або, як кажуть, у найкоротшій циркуляції; самий стан передачі або смока називають тоді станом найкоротшої циркуляції.

Варіаційний апарат, зображений на фіг. фіг. 112 а, б, щільно пов'язаний із смоко-генератором, обертається з такою самою швидкістю, як і останній, будши через свою порожню вісь непереривно злучений з нагнітним простором, а через свою зовнішню поверхню з всисним простором (див. фіг. 112 а). Досягають цього тим, що обертову частину, де на циліндричній поверхні пороблені отвори (див. фіг. 112 б), вміщують у нерухому частину камери (F), концентричну з обертовою частиною,

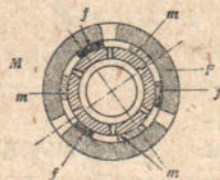


Фіг. 111 в.

де теж пороблені отвори. Отвори кожної частини розміщено так, щоб підчас обертання смока, отже, й обертальної частини, вони ставали періодично один проти одного. В наслідок такого збігу отворів і буде кожного разу згадуване вище устанавлення смока на найкоротшу циркуляцію, цебто злучення найкоротшим шляхом всисного й нагнітного просторів. Опріч того, між обертовою частиною й нерухомою камерою є ніби кільцевий сувак так само з отворами, при чім положення цього сувака можна змінювати, повертаючи на бажання (див. фіг. 112 б). Сувак цей має рухомі сектори *m*, що можуть пересуватись відносно нерухомих секторів *f*; останні служать до обмеження обертального руху сувака. Коли сектори *m* відкривають геть чисто отвори камери, смок-генератор настановлюється довгочасно на найкоротшу циркуляцію і зовсім не подає течива до зовнішньої циркуляції; якщо ж за допомогою спеціального важеля потрохи закривати секторами *m* отвори камери, то в найкоротшій циркуляції функціонуватиме



Фіг. 112 а.



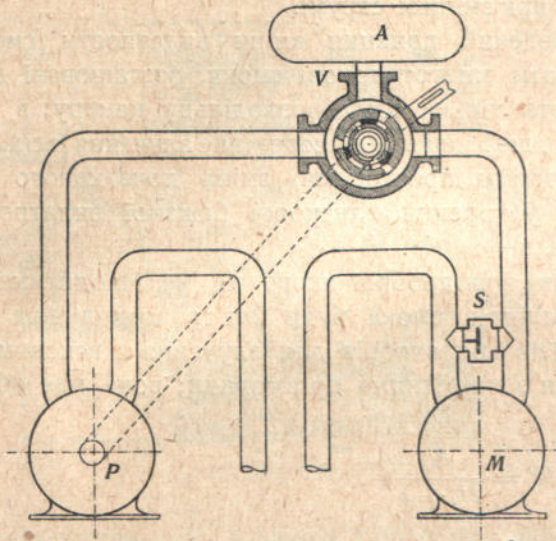
Фіг. 112 б.

щораз менша кількість течива, і, навпаки, кількість течива, подаваного смоком-генератором до зовнішньої циркуляції, буде дедалі збільшуватись. Нарешті, коли закрити зовсім отвори камери, то вся подача смоком піде до зовнішньої корисної циркуляції. Зворотний хлипак *S* злагоджений так, що закриває перекриваний ним отвір труби підчас найкоротшої циркуляції і, таким робом, не перепускає течива до зовнішньої циркуляції. Для регулювання витрати течива в зовнішній корисній циркуляції служить повітряний ковпак *A*.

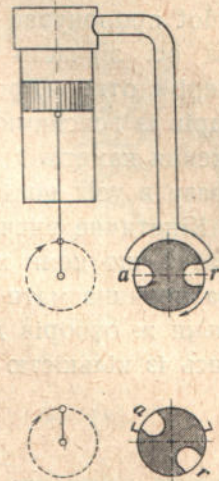
Отже, в гідравлічній передачі розглядуваної системи видатність смока стала, але кількість течива, що йде до зовнішньої корисної циркуляції, мінлива, а скоро швидкість смока-мотора, отже, і кількість його обертів залежить від кількості течива, що він одержує, то тим самим і відбувається регулювання його швидкості: його швидкість дорівнює нулеві, коли смок перебуває в стані найкоротшої циркуляції, і дорівнює максимальній, коли все подавання смока йде на зовнішню корисну циркуляцію.

Тієї ж зміни кількості обертів смока-мотора можна досягнути ще таким способом. Згідно з фіг. 113 варіаційний апарат монтується разом із повітряним ковпаком і вміщують на лінії між смоком-генератором і смоком-мотором. Коли тепер дати течиву вільно переходити між смоком і мотором, останній обертатиметься з мінімальною швидкістю, вбираючи в себе

подачу смока; коли ж від маневрування варіаційним апаратом зменшити час, протягом якого отвори для проходу застаються відкриті, то відбуватиметься таке явище: підчас закриття отворів, течиво, подаване смоком, входить до повітряного ковпака із збільшуваним тиском; коли ж отвори відкриті, мотор повинен увібрати в себе всю подачу смока протягом досить короткого часу; він має, значить, обертатись з великою швидкістю, і ця швидкість буде то значніша, що довгочасність закриття триватиме довше, щоб стати теоретично безкрайньою для повного закриття.



Фіг. 113.



Фіг. 114.

Зворотний хлипак *S* перешкоджає розрідженню в моторі підчас закриття отворів.

Для зміни кількості обертів смока-мотора, за Raudot, можливо застосувати й смоки мінливої видатности, при чім зміни цієї видатности можна досягти, виходячи з такого принципу.

Припустімо, що маємо толоковий смок простого чину (фіг. 114), від якого відходить труба; у цій трубі змонтовано грант, що обертається з такою самою швидкістю, що й корби смока; в тілі гранта є дві заглибини (*a*, *r*), що постійно злучені, одна (*a*) з висисним простором, друга (*r*)³ нагнітним. Згідно з рисунком (див. фіг. 114, верхня частина) не важко примітити, що при данім початковім розміщенні корби й гранта ввесь час, поки смок всисає, він злучений з висисним простором; підчас же нагнічування він злучений з нагнітним простором. Припустімо тепер, що на відміну від попереднього випадку початкове положення гранта не відповідає такому ж положенню корби смока (див. нижню частину фіг. 114), тоді легко бачити, що підчас деякої частини перебігу толока в процесі вси-

сання смок буде злучений з всисним простором, а підчас решти частини цього перебігу він злучений з нагнітним простором. Аналогічне буде підчас перебігу толока при процесі нагнічування. Через це величина подавання течива до зовнішньої циркуляції буде, видимо, в даному разі змінюватись залежно від початкового положення гранта відносно такого ж положення корби. Цікаво, що, означаючи через V обсяг смока, через p тиск підчас нагнічування і через α кут початкового положення поперечника ar гранта до поземої прямої, ми для переданої роботи смоковинимоторові матимемо вираз $p V \cos \alpha$; і, таким робом, $\cos \alpha$ має тут значення, аналогічне $\cos \varphi$ —зсувові фаз при зміннім струмі.

Щоб здійснити тепер наведений принцип зміни видатности смока, Raudot пропонував застосовувати многотококові смоки, розташовані довкола осі зірчасто й що мають тільки одну розподільну камеру; в цій камері є отвори, розміщені так, щоб давати попереми́нне злучення всіх циліндрів із всисними або нагнітними просторами; зміна початкового положення камери достатня для утворення однакої бажаної видатности відразу в усіх циліндрах смока.

Кінетичне вивчення машини, в подробиці якого ми не заходитимемо, показує, що коли кількість циліндрів смока буде $2n$, то розподільна камера повинна мати $2n + 1$ вирізів або отворів для злучення з всисними і стільки ж отворів для злучення з нагнітними просторами; вона має обертатись із кількістю обертів

$$N' = \frac{N}{2n + 1},$$

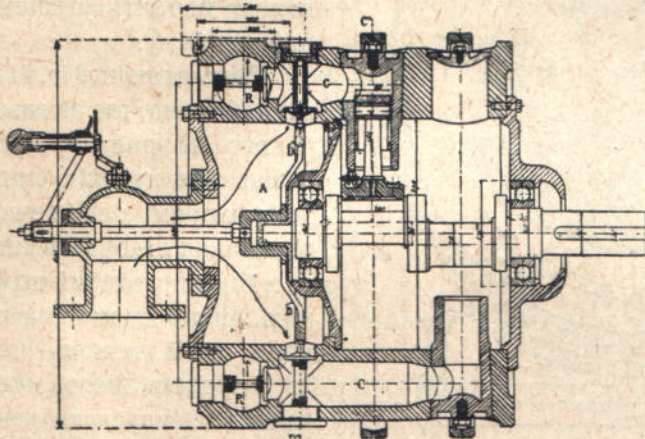
де N —нормальна кількість обертів машини, при чім обертання її робиться від осі смока трибовою передачею.

Щоб спростити тягові злагоди, М. Raudot запропонував ще інші конструкції гідравлічних передач; ось, напр., він запропонував конструкції, де подавання течива смоком-генератором змінюються поступінно, а не непереривно. При цім усе ж він і для цього радить користуватись з многциліндрових ротативних смоків з циліндрами, що розміщені довкола осі зірчасто; східчастої ж зміни подавання досягається через послідовне вилучення з чинности щораз більшої кількості циліндрів смока, що, знов таки, досягається гальмуванням отвору всисного хлипака того циліндра смока, що бажають вилучити з чинности. Цей циліндер смока робить тоді лише на всисання без нагнічування.

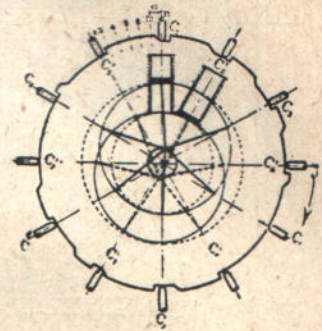
На фіг. 115 зображено смок якраз цього типу потужністю на 50 сил механ. коня, що робить при 50 обертах на хвилину. Він складається з 12 циліндрів, змонтованих у два ряди зірчасто під кутом на 60° один од одного. Обидві шостициліндрові серії, що роблять від того самого колінчастого вала, заклинені одна до одної під кутом на 30° . Всисні хлипаки всі змонтовані в тій самій поперечниковій площині, і гальмування їхнього

відкриття керується через кулачне кружало *D*, що зображене в іншій проекції схематично на фіг. 116; положення цього кружала керується своєю чергою, рукопаш зовнішньою корбою. Не важко бачити, що повертання кружала в бік годинникової стрілки вилучає з чинності послідовно 2, 4, 6 12 циліндри смока й дає, таким робом, не лічучи цілковитого закриття, шість різних подавань.

Взагалі ж усякі гідравлічні передачі системи Raudot можна підподілити на 3 типи: перший тип характеризується тим, що неперервне подавання



Фіг. 115.



Фіг. 116.

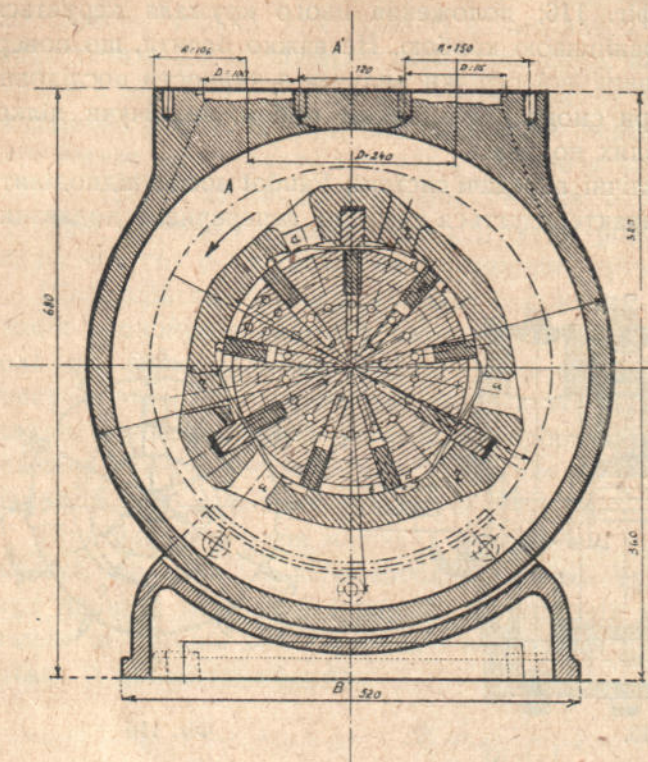
смоків-генераторів, а також і напрямок течії течива в них може змінюватись маневруванням особливого розподільника.

Другий тип характеризується тим, що неперервне подавання смоків-генераторів може змінюватися; напрямок же течії течива, який спрямовується зовні через спеціальний грант, не змінюється.

Третій тип характеризується східчастою зміною подавання смоків-генераторів без зміни напрямку течії течива в смоці.

Щодо смоків-моторів у гідравлічних передачах системи Raudot, то вони цілком відмінні від смоків-генераторів; загальну злагоду таких смоків-моторів легко розпізнається з фіг. фіг. 117 а і б, де зображено мотор Raudot на 50 PS, що робить 80 обертів на хвилину. Його своєрідність—це роля радіальних лопаток, що правлять тут ніби за толоки. Як видно, в центральнім циліндричнім блоці, що заклинений на осі обертання, зроблені гари, куди вставлені лопатки *p*, що постійно висовуються пружинами зовні; з другого боку, ці лопатки відсовуються всередину в міру того, як підчас обертального руху, що його вони набирають, вони проходять повз нерухомі частини *m*, яким Raudot дав назву полюсів, вони й відсовують лопатки до центру за допомогою блоків *e*, що ковзають в гарах, зроблених у камері, концентричній центральному блокові, і виштовхуваних теж

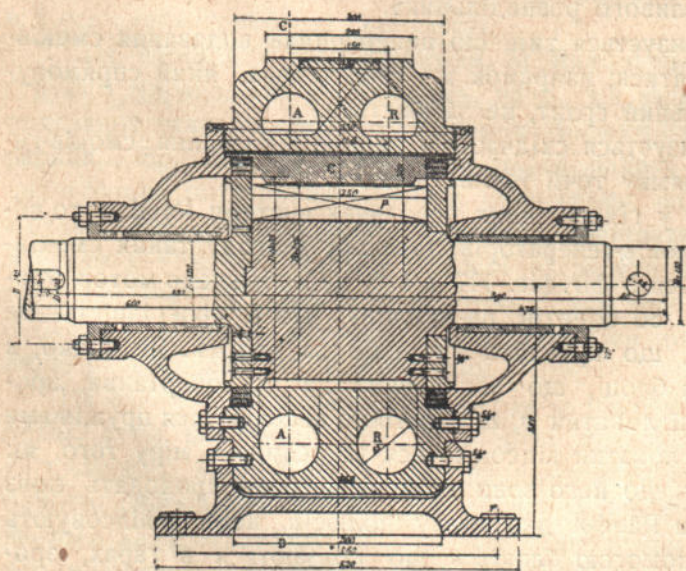
усередину пружинами. За кількістю частин m кажуть, що мотор певної кількості полюсів. Течиво йде під тиском на лопатки p каналами a крізь отвори, що e (між a й e) в полюсових перекривках; зробивши пересування лопаток, воно таким же чином крізь вирізи e та канали r входить у загальний канал R .



Фіг. 117 а.

Розглядаючи фіг. 117а, ясно бачимо, що за зазначеного на рисунку розташування каналів, лопаток і напрямку течії течива обертання відбуватиметься в бік, позначений стрілкою. Якщо ж змінити напрям течії течива, цебто впускати його каналами r і випускати каналами a , то бік обертання зміниться.

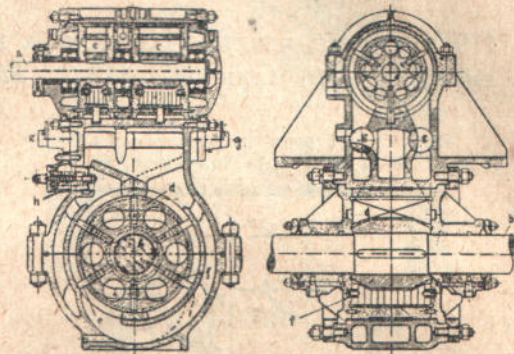
§ 4. Передача Lentz'ової системи



Фіг. 117 б.

Гідравлічна передача Lentz'ової системи зображена в першопочатковій конструкції на фіг. 118. Згідно з цим рисунком конструкція ця складається з двох смоків-генераторів і одного смока-мотора, при чім і той і цей смок є в загальних рисах ротативні смоки описаної вже Klinger'ової системи. На кінці вала (a) дизель-мотора насаджено двое нагнітних коліс (c)

різної ширини. Повідневий вал (*b*) несе смок-мотор (*d*) з 6 толоками-засувками, тимчасом як смок-генератори мають тільки по трое толоків. Толоки-засувки несуть на своїх іверових кінцях на чопах коліщатка (*f*), що можуть котитись у гарах (*i*) показаної на рисунку форми, вирізаних у покришках кожуха. Щоб зменшити тертя й стирання толоків, застосовано таке розміщення, що, перш ніж якийсь толок досягне краю свого напірного перебігу, другий толок, що йде за ним всисний простір, який міститься за першим толоком, уже встигає обернути також на напірний простір, і, таким способом, перший толок розвантажується, а коліщатка, зв'язані з цим толоком, мають перемагати лише своє власне тертя без обтяжування тиску та відосередкову силу, що чинить на толок. Для того, щоб і цю останню зменшити, толоки виготовляють з легкого металу. Для переміни ходу правлять гранти (*g*) типу Corliss'a, що пускаються в рух одночасно рукопаш важелем. Крім того, є ще дросельна засувка (*h*); користуються з неї, коли рушають з місця і для малих змін швидкості. При повному відкритті останньої кругобіг течива відбувається без віддачі енергії: вся достачувана генератором енергія паралізується дроселюванням. Із щораз збільшуваним закриттям засувки течиво доходить щодали у збільшуваний мірі до віддавання роботи і рівнобіжно більшає також швидкість смока-мотора. Скоро бажаної швидкості досягнуто, можна для зберігання робочої енергії зробити зміну щодо застосування смоків-генераторів за допомогою власних перемичних органів, що зв'язуються з засувкою (*q*). Останню можна застосувати і як гальмо і як забезпечений хлипак.



Фиг. 118.

Отже, на відміну від попередньої передачі особливість перебігу толоків зостається незмінна, а регулювання здійснюється через вимикання та вмикання окремих секцій або східців.

Отже, коли смок складається з n східців, то можливі $n^2 - n + 1$ східців швидкості.

Як показує практика, Lenz'ова передача дає дуже сприятливі наслідки і виявилася придатною й для машин швидкохідних. Так, виявилось, що сучинник видатності передачі, поставленої на 20-сильній дизелевій автомотрисі, дорівнює $0,93^1$), а тягове напруження, проти звичайної механіч-

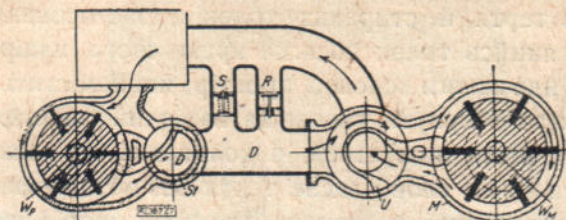
¹⁾ Wittfeld. Das Flüssigkeitsgetriebe von Lenz für Schwerlokomotiven. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1921, стр. 1160.

ної передачі, збільшилось на 30%; так само й щодо спрацьовання передачі показала себе цілком бездоганною.

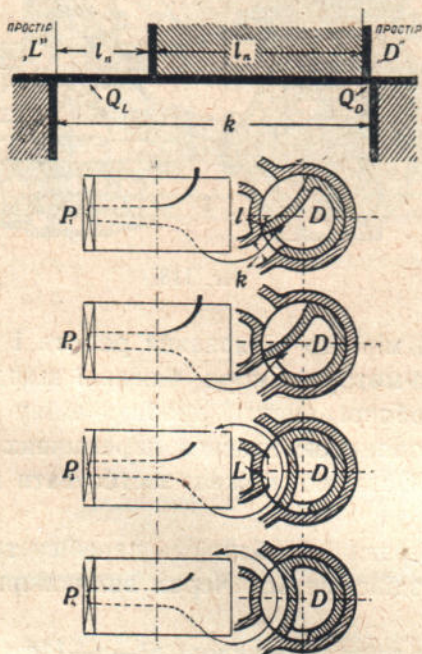
Застосування навіть цієї первопочаткової Lentz'ової передачі не закінчується на машинах малої потужності, і нещодавно з'явилися такі передачі для потужностей від 200 до 600 сил мех. коня.

Новітнішу конструкцію гідравлічної Lentz'ової передачі в принципі, схожу вже з описаною, зображено²⁾ на фіг. фіг. 119 а, б, в, г, д, е. Згідно з цими рисунками на смоковім валі W_p (див. фіг.

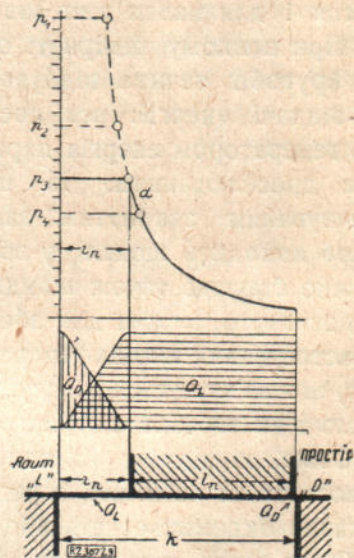
119 а) сидять чотири (кількість їх може бути багато більша) ротативних смоків P_1-P_4 (див. фіг. 119 б); St —це так званий розподільний сувак, U —сувак, що змінює напрямку ходу, M —смок-мотор, W_m —його вал, K —збір-



Фіг. 119 а.



Фіг. 119 б.



Фіг. 119 в.

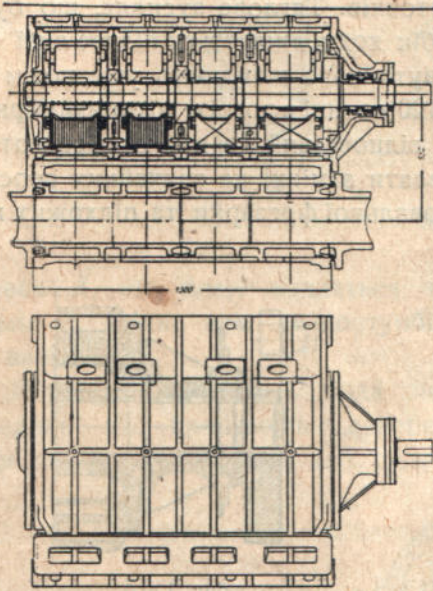
ний і, водночас, вирівняльний резервуар, де, oprіч того, робоче течиво (олія) охолоджується. Кругобіг цієї олії в апараті позначений стрілками (див. фіг. 119 а). Окремі камери можуть в першій-ліпшій кількості бути настановлені або на „робочий хід“ або на „яловий хід“. На нашому рисунку,

²⁾ Schumacher, W. Rohöllokomotiven mit kompressorlosem Dieselmotor und Flussigkeitsgetriebe. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1925, стр. 647 і далі.

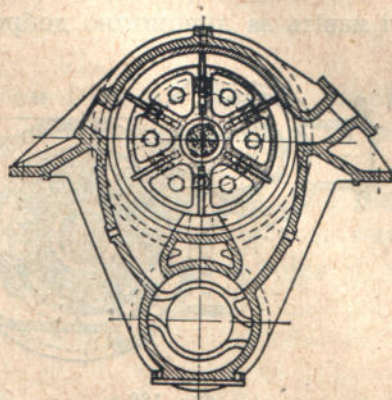
напр., смоки P_1 і P_2 женуть олію до напірної камери D , смоки ж P_3 і P_4 переганяють олію ялово. Вмикання або вимикання одного смока аніяк не позначається на інших. Коли повертати сувак St , то його розподільна стінка l (див. фіг. 119 б) ковзається крізь отвір каналу k і дроселює при цім

олію до певного тиску; під цим тиском олія переходить в простір D , циркулюючи, крім того, водночас ялово.

Як змінюється тиск (p) олії і кількість його (Q) підчас вмикання й ви-



Фіг. 119 г.

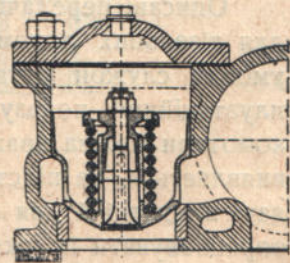


Фіг. 119 д.

микання, показано на фіг. 119 в. Крива d , що її для кожної величини смока легко виявити спробами, показує стан тиску для окремих положень сувака. Коли P_1, P_2, P_3, P_4 нормальні робочі тиски для смоків 1, 2, 3 і 4, смоків, що увімкнені рівнобіжно, то $k - i_n = l_n$ є ширина розподільної стінки для n -ого смока.

Олія, що йде до напірного простору D , тече крізь сувак U до смока мотора M і, залежно від положення сувака, повертає його праворуч або ліворуч. Форма цього сувака гарантує тотожність усіх процесів, як підчас перебігу вперед, так і назад.

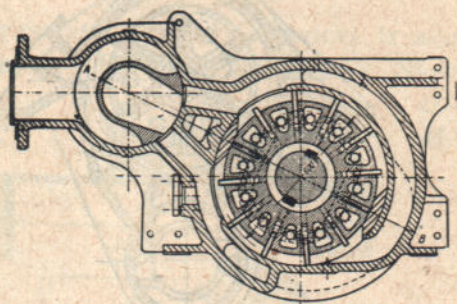
Щоб була можливість застосувати описуваний передатний механізм до якоїсь перевізної машини, треба ще мати спеціальний хлипак, щоб він перешкоджав гальмувати хід як від самого передатного механізму, так і дизель-мотора. Цей хлипак R (див. фіг. 119 а, е), що править для переміни тиску, дає змогу моторові завжди одержувати достатню кількість олії, отже, уникати з'явлення будь-якого тиску на всисному боці, навіть коли підчас чину машини смок буде вимкнений, або коли швид-



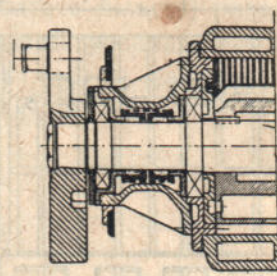
Фіг. 119 е.

кість машини зробиться більша за відповідну в цей час подачу олії. Запобіжний хлипак S забезпечує, далі, передачу від надмірних підвищень тиску. З отакого роду передачею вдалося створити, розмірно простими й певними в роботі засобами, конче потрібну для дорожньої експлуатації можливість міняти хід, при цім ота переміна ходу на великі або менші швидкості відбувається еластично й без поштовхів. Тяглове зусилля, що було перед початком переміна в той чи той бік ходу, лишається підчас оцей переміна незмінне, так само, як раз досягнута нова швидкість уже потім не змінюється. На фіг. фіг. 119 г і д та фіг. 120 подані в розрізі чотирикамерний смок-генератор на 250 сил мех. коня і відповідний до нього смок-мотор.

Усі частини передачі можна виготовляти замінні на звичайних верстаках; і навіть за допомогою доброї копіювальної фрезарки та підхожих мо-



Фіг. 120 а.



Фіг. 120 б.

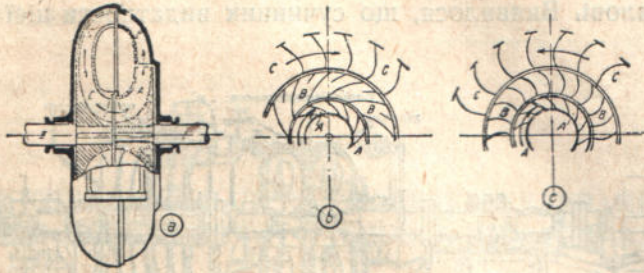
делей удалося здобути замінні і без подальшої обробки шайби з криволінійними напрямними доріжками. Змонтувати механізм в машині не становить ніяких труднощів. Вміщення смока-генератора й смока-мотора в двох кожухах дає сприятливий розподіл наважень при незначній, порівняно, їхній величині та нормальному розміщенні коліс.

Описані передачі останньої Lentz'ової системи застосовується тепер для дизельних локомотивів потужністю до 250 сил мех. коня, при різних умовах служби останніх. Матеріал, що вже є, як дослідний, так і експлуатаційний, показує, що для таких потужностей питання про дизель-локомотиви можна вважати за розв'язане як технічно, так і зисковно. Далі виявляється, на підставі тих самих матеріалів, що подібного роду передачі придатні й для локомотивів великих потужностей, а саме до 1000 P . S ; опрацьовувати їх уже почали.

§ 5. Передача Föttinger'ової системи.

Передача Föttinger'ової системи становить комбінацію відосередкового смока та водяної турбіни; головне призначення цієї передачі разом із трибовою передачею—передавати крутильний момент від швидкорухної па-

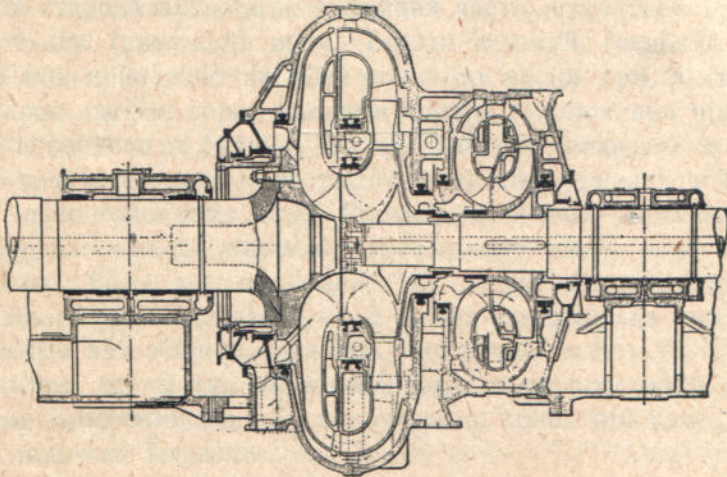
рової турбіни до розмірно обертового рушила-пропелера на судах. Принцип чину передачі зображено на фіг. фіг. 121 а, б, с. Смокове робоче



Фіг. 121.

колесо А, що йому надається чину валом I, подає воду в напрямне кільце В, звідки ним іде до турбінного колеса С, що міститься на робочім валі II.

Перебігши колесом С, вода знов надходить у колесо А або безпосередньо, або пройшовши наперед невелике напрямне колесо, потому знов напрямним кільцем (В) подається в робоче колесо турбіни і т. д.

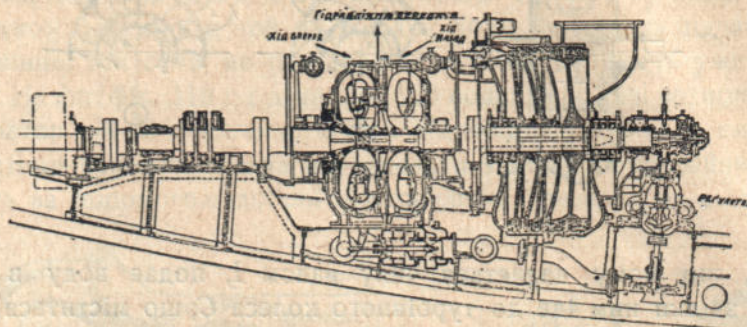


Фіг. 122.

Фіг. фіг. 121 б, с, зображають схематично лопатки всіх зазначених коліс і їхнє взаємне розміщення залежно від потрібного напрямку повертання валів I й II.

На практиці сталість циркуляції холодної води в гідравлічній передачі піддержується залученням в загальну систему допоміжного відосередкового смока.

На фіг. 122 зображена одна з найновіших гідравлічних передач системи Föttinger'a¹⁾, що дає можливість повертати робочий вал, як в один, так і в другий бік, і надто поширена через те на суднах для надання чинності гвинтовому валові. Виявилося, що сучинник видатності цієї передачі більший за 0,90.



Фіг. 123.

Фіг. 123 зображає якраз уставу цієї передачі на судні, злучену безпосередньо з паровою турбіною.

¹⁾ The Engineer. July, 1922.

РОЗДІЛ III

СТИСЛИЙ ІСТОРИЧНИЙ НАЧЕРК РОЗВИТКУ БУДУВАННЯ МАШИН ДЛЯ ПІДНЕСЕННЯ Й НАГНІЧУВАННЯ ТЕЧИВА

§ 1. Історичний розвиток піднесення течив

Велетенська вага води для людства за всіх діб його життя, звісно, є цілком безперечна. Щоправда, примітивні потреби кочових, скотарських і мисливських народів задовольнялись з джерелової й річкової води або з води опадів, що збиралася в природних водоймищах. Але що штучні пристрої для піднесення води були поширені ще в давній-давнині, що від неї ця майстерність, разом з іншими технічними досягненнями того часу, поступінно розвиваючись, дійшла й до нас, це теж безперечний факт. Наприклад, уже в стародавніх книгах біблійних часто згадується про колодязі, з яких діставали (витягали) воду. Також відомий грецький письменник Гомер, що жив приблизно за 1000 років до нашої ери, в своїй Одиссеї згадує за двоє джерел перед палацом короля Алкіноя, при чім воду з одного з них проведено до будинку, а з другого розподілювано по всьому саду.

Надто величезну вагу мали такого роду спорудження в Римській Імперії. Не тільки головному місту Римові, як відомо, достачалося вельми щедро воду, але навіть кожному маленькому місту, кожному невеличкому містечку. Воду тут проводили на далекі відстані, часто-густо на величких многолуках, що часом були навіть на декілька осад один над одним. Деякі з них збереглися навіть і до наших днів.

Безперечно, що за тих часів вмiли вже підносити воду, хай найпримітивнішими способами, на взір водочерпних коліс, тим паче, що водочинних коліс тоді вже вживали.

Так само перекази й пам'ятники старовини промовляють, що величезні спорудження існували в старовинній ассирійській державі, в Єгипті, в Китаї та інших давньоколишніх державах.

Нема ніякого сумніву, напр., що так званих китайських водочерпних коліс уживалося в Китаї ще за 4000 років до нашого часу; доречі буде сказати, що такого роду колеса дуже поширені по деяких місцевостях нашої країни й тепер; напр., в Надкаспійському краї, на Алтаї та Кавказі користуються з них для зводнювання баштанів, виноградників, городів тощо.

Колесам цим надавано чину від людей, тварин, води й вітру. За тих

часів, коли багато було рабської праці й до того дармової, для чинности користалися з ходових коліс (тупчаків), при великих поперечниках їх уся устава такого роду давала добрий сучинник видатности.

Так звана архімедова водопідіймальна машина—архімедів гвинт, винаходження якого приписують Архімедові, як відомо, в 3-м віці до початку нашої ери, править також за дальший приклад давнини застосування водопідіймальних машин. Машина ця, що виготовлювали її спершу з дерева, й що робила в старожитні часи безпосередньо від людського зусилля, згодом зазнала низку відмін та вдосконалювань і мала за середніх віків велике поширення; надавалося їй чину вже кератами, водяними й вітряними рüşіями (в Голяндії).

Тимчасом як будування водочерпних машин можна простежити за багато тисяч років тому і найпримітивніші форми їх можна знайти в найстарожитніших народів, застосування власне смоків залічують до далеко пізніших часів, хоча за винахідника толокових смоків і вважають Ктезібія Олександрійського, що жив перед 150 роками до нашої ери і що йому так само приписують винайдення і повітряного ковпака, бо його смок уже має пристрій, подібний до повітряного ковпака; навіть у середні віки такого роду „удосконалені“ водопідіймальні машини не набувають великого поширення. В XVI віці, напр., водопідіймальна вмілість стояла взагалі вже на досить високому щаблі розвитку. За зразок цієї вмілости можуть правити водопідіймальні пристрої в місті Toledo (будівник Juanello Turiano), що давали можливість постачати воду місту з 200000 мешканців і при висоті підймання води на 90 м. Georgius Agricola (1495—1555) в своїй 12-томовій праці „De re metallica“ наводить багато прикладів усяких водопідіймальних пристроїв у гірництві. Слід відзначити, що гірництво протягом довгого часу становило царину, де водопідіймальні пристрої мали чималу вагу та виформувались у великі й відповідальні будівництва.

В XVII віці вже винайдено пурначевий смок, винахідник англієць Samuel Morland.

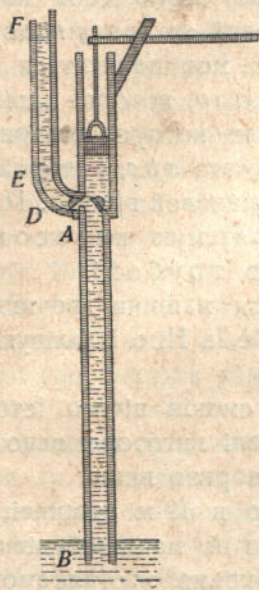
І не зважаючи на це, в середні віки, як і в давню-давнину, саму щонайбільшу кількість застосовуваних водопідіймальних пристроїв слід залічити ще до простих водочерпних споруджень, що пройшли крізь всю довгу історію народів сливе без усяких змін і набувають руху від людської сили або тварин, а в ліпшому випадку—од вітру або води.

І перші толокові смоки надзвичайно примітивні своєю конструкцією і виробом: зважаючи на майже цілковиту відсутність металообробної промисловости, такого роду смоки навіть ще в XVII і XVIII століттях виготовлювано з дерева, і мали вони циліндри, а значить, і толоки квадратного перекрою; чинили вони також або безпосередньо від людської сили, або сили тварин, або вітру, і великих напорів створювати, звісно, не могли. Проф. Худяков¹⁾ подає, напр., опис смокової устави в Пірінеях у шахті Raucіé, що

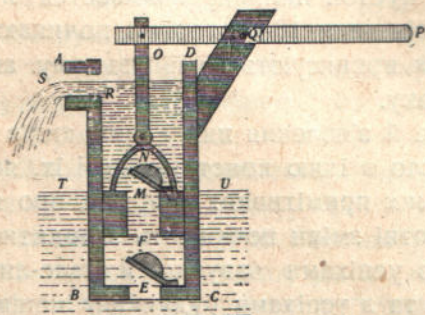
¹⁾ Худяков. Построение насосов. Москва, 1899, стор. 5.

існувала ще у XVIII віці, де робили просторуч або водяною силою дерев'яні шахтові смоки, що подавали воду на висоту 35 м, при чім, щоб перемогти цей напір, поставлено послідовно 36 смоків, що пересмоковували воду один до одного.

У кол. Росії толокові смоки були відомі ще на початку XVII століття. Принаймні, в 1622 році, коли соцькі старости били чолом за тягар покладених на людність протипожежних обов'язків, указано:¹⁾ „с черных сотен и с гостинной и суконной сотни быть сотне яремных, но лишних лошадей брать необходимо для пожаров, зимой велеть быть по четыре лошади, а труб больше прежнего не намetyвать, дать им для пожарного времени по сотням тридцать труб, держать на земском дворе и приказать по сот-



Фіг. 124 а.



Фіг. 124 б.

ням накрепко: где случится пожар,—и у них бы с трубами были люди готовы тотчас, и людям велеть смотреть для того, если уже взяли это на себя, то на пожар ходит не ленились бы“.

У XVIII сторіччі толокові смоки в кол. Росії набули широкого розповсюдження. Це видно з деяких Петрових резолюцій з приводу, напр., нового суднобудівництва; так, в одній з отих резолюцій, що стосується 1723 року, сказано: „Водолеям не быть, а быть помпам, и дыр на баках (мають на мислі судна) не прорубать, но через борт и с помпов лить воду стоя на палубе“²⁾.

Поряд із тим, як примітивна була злагода толокових смоків у 18-м і навіть на початку 19-го сторіччя, показують фіг. фіг. 124 а, б, де зображені смоки, вживані в той час у гірництві; смоки ці подані в Канкріновій книзі: „Первые основания искусства горных и соляных производств“ (част. III,

¹⁾ С. М. Соловьев. История России с древних времен, кн. II, стор. 1368—1369.

²⁾ Указы Петра Великого, вид. 1739 р. і II зб. з Р. I., т. VI.

1777 р.) у перекладі з німецької на російську мову Н. Бусирського¹⁾, при чім, згідно з описом, щоб зробити смок (див. фіг. 124 б), треба чинити так: „в пустом цилиндре $a b c$ сделай дно bc , а в оном отверстии e . Над сим отверстием утверди медную или кожаную крышку fg , называемую затворкою или захлопкою, а по горному дверцами или заслоночкою, которую при g укрепи так, чтобы она могла отпираться и запирается. Сделай поршень $h j k l$, которой к полости цилиндра приходил бы в самую пору, и при $h j$ имел бы проведенное около себя кожаное кольцо с дырою m там же и находящуюся сверх оной захлопку n ; поршень сей навесь на прут no и дабы поршень удобно мог вдвигаться и выдвигаться, то привесь сей прут к коромыслу $o q r$, которое движется или прямо, как изображено здесь, или в оси q , или которое состоит, как употребляется в хозяйстве, из коленчастого рычага $a b c$, которой движется в точке b , а точкою a навешивается на поршневой прут... По учинении всего исправно получишь машину, называемую насосом, которого пустой цилиндр называется поршневою трубой“.

У тім таки 18-м сторіччі починають з'являтися машини двочинні; винахід їх приписують французькому академікові De la Hire і залічують до 1716 року.

Але й з'явлення цих нових типів толокових смоків нічого істотного не внесло в їхню конструкцію, і їх, як і раніш, далі виготовлювано в таких самих примітивних формах, про які в нас говорено вище.

Істотні зміни починають заводитись лише вже в 19-м сторіччі, коли поряд з успіхами чавунно- й сталє-ливарного діла й машинобудівництва взагалі та з успіхами будування машин, рушіїв зокрема, постала змога виготовляти конструкції толокових смоків, далеко ліпше пристосовані до окремих потреб практики. Цього сторіччя починають з'являтися диференційні смоки (1836 р.), смоки тричинні (1885 р.), чотиричинні (1879 р.).

Щодо так званих парових водотяжних машин, то перші машини такого роду в суто-водотяжній своїй частині нічим не різнили із звичайними толоковими смоками безпосереднього чину, пізніш двочинними; парова машина того й того типу становила самостійну частину і правила за машину рушій, що надає чину смокові. Отже, не вважаючи на те, що в історії смокобудівництва є назва водотяжна машина Sawery (1678 р.), Newcomen'a (1705 р.), Smeaton'a (1769 р.) і навіть Watta (1788 р.), слово „парова“ стосується лише до машини рушія, як такого, а не до смока, що з боку конструкції сливе не змінювався і був такий же простий і недосконалий з сьогочасного погляду тип, як і смоки, що набувають чинности від іншого роду рушіїв.

Істотним змінам в конструкціях „парові“ смоки почали підпадати вже далеко пізніш, від того часу, коли з'явились так звані парові смоки безпосереднього чину, цебто з появленням спершу ду-

¹⁾ Видання „Горного Училища в Санкт Петербурге“, 1789 р.

плекс-смоків в Worthington'ової (New-York, 1841) системи і пізніш системи Cameron Steam-pump Works (New-York, 1870) та симплекс-смоків системи Deane Steam Pump Co New-York. Застосування принципу компаунд в парових машинах, що безпосередньо надавали чину толоковим смокам, залічують лише до вісімдесятих (1881) років минулого сторіччя. До тих таки років (1889) залічують і застосування принципу потрійного розширу¹⁾.

Щодо опрацювання теорії толокових смоків, то до 70 років минулого сторіччя більш-менш опрацьованої теорії таких смоків ще не було, не було й науково поставлених дослідів над ними; навіть випробування вже виконаних устав робили надзвичайно рідко.

Щодо вивчення таких істотних органів толокових смоків, як хлипаки, і з теоретичного, і з практичного боку, до згадуваного періоду так само нічогосінько не зроблено, не вважаючи на те, що хлипаки становили дуже поширений деталь взагалі цілої низки машин; обчислюючи їх, задовольнялись з щонайпростіших визначень головних розмірів і висоти їхнього піднесення. Вплив такого чинника, як вага хлипака, на його рух, лишався без будь-якої уваги підчас конструювання; обмежувалися лише на одержанні такої ваги хлипака, що потрібна для його міцності, а правильної гри хлипака намагалися добутись через обмеження його перебігу-

Fink²⁾, либонь, був перший, що 70 років минулого сторіччя працював над вивченням руху хлипаків і що більш-менш правильно й науково підійшов до обчислення потрібної ваги хлипаків. Іще більшу ясність у теорію руху хлипаків і в методи обчислення їх внесли клясичні Bach'ові³⁾ роботи щодо визначення обваження та опорів хлипаків, а також дослідного виявлення руху самочинних хлипаків. Bach'ові роботи призвели до Tobell'євих⁴⁾ і Westphal'євих⁵⁾ робіт, а також робіт Müller'a⁶⁾, Rudolf'a⁷⁾ і Schröder'a⁸⁾.

¹⁾ Проф. П. К. Худяков. Построение насосов. Москва, 1899, стор. 376.

²⁾ Fink, C. Konstruktion der Kolben und Zentrifugalpumpen, Ventilatoren und Exhaustoren. Berlin, 1872.

Fink, C. Theorie und Konstruktion der Brunnenanlagen Kolben und Zentrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren. Berlin, 1878.

³⁾ Bach. Versuche über Ventilbelastung und Ventilwiderstand. Berlin. 1884.

Bach. Versuche zur Klarstellung der Bewegung selbsttätiger Pumpenventile. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1886, стор. 421.

⁴⁾ Tobell. Über die freie Bewegung der Pumpen und Gebläseventile. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1889, стор. 25 і далі.

Tobell. Die freie Eröffnung der Pumpenventile und die Bedeutung der darauf bezüglichen Indikatoranzeigen. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1890, стор. 325 і далі.

Tobell. Über die Bedingungen, welchen die Steigerung der Kolbengeschwindigkeit bei Pumpen, insbesondere bei Wasserhaltungen mit grossen Teufen unterliegt. Z. d. Ver. d. Ing. 1889, стор. 1150.

⁵⁾ Westphal, M. Beitrag zur Grössenbestimmung der Pumpenventile. Z. d. Ver. d. Ing. 1893, стор. 381.

⁶⁾ Müller, O. H. Das Pumpenventil. Leipzig. 1900.

⁷⁾ Rudolf, K. Ventilspiel bei Pumpen und Gebläsen. Dingler Polyt. Journal. 1901, стор. 309.

⁸⁾ Schröder. Versuche zur Ermittlung der Bewegung und der Widerstandsunterschiede federbelasteter Pumpenringventile. Z. d. V. d. Ing. 1902, стор. 661.

Дослідні роботи Bach'a провадили далі також Berg¹⁾ і Klein²⁾, а вони й собі призвели до Lindner'ових³⁾ та Körner'ових⁴⁾ робіт. За новітніх часів найважливіші своїми наслідками були дослідження Braun'a⁵⁾, Krauss'a⁶⁾, V. Eck'a⁷⁾ і Schrenk'a⁸⁾.

У наслідок усіх цих численних, вельми широко виконаних робіт, удалося розв'язати низку найістотніших питань з теорії руху й обчислення хлипаків; наприклад, цілком точно вдалося з'ясувати закони руху хлипаків, досить точно виявити потрібну найбільшу висоту підняття хлипака, встановити певні відношення та правила, щоб запобігти вдарам хлипаків, тощо. Поряд із цим слід відзначити, що повної теорії хлипаків і тепер іще витворити не вдалося, так, прикладом, досі нема змоги суто теоретично визначати цілком точно величину тиску, потрібного на відкриття хлипака, бо для цього треба знати низку вартостей сучинників, що їх можна виявити лише через дослід і при тому окремо для різних хлипаків.

Водночас із досліджуванням хлипаків досліджувано і роботу толокових смоків суціль. Із перших робіт у цім напрямі треба відзначити дослідження Riedler'a⁹⁾, Josse¹⁰⁾ і Goodmann'a¹¹⁾.

Із них Riedler перший указав на велику вагу індикаторних досліджувань при випробуванні смоків, які до нього виконувано надзвичайно рідко, при тім, щоправда, він звернув увагу й на те, що порівняно легко одержати підчас такого роду досліджень неправильні діаграми, відзначивши, між іншим, що навіть йому не зовсім удалося перемогти ті труднощі, які заносить у діаграму індикатор під впливом мас, що рухаються.

1) Berg. Die Wirkungsweise federbelasteten Pumpenventile und ihre Berechnung. Zeit. d. V. d. Ing. 1904, стор. 1093.

2) Klein. Über freigehende Pumpenventile. Z. d. V. d. Ing. 1905, стор. 485 та Z. d. V. d. Ing. 1905, стор. 618.

Klein. Über freigehende Pumpenventile. Dingl. Polytechn. Journal. 1907, стор. 353.

Klein. Versuche an Pumpen-Ringventilen. Dingl. Polytechn. Journal. 1908, стор. 289.

Klein. Versuche an Pumpen-Ringventilen. Dingl. Polytechn. Journal. 1908, стор. 785.

3) Lindner. Berechnung der Pumpenventile. Z. d. Ver. d. Ing. 1908, стор. 1392.

4) Körner. Untersuchung der Bewegung selbsttätiger Pumpenventile. Z. d. V. d. Ing. 1908, стор. 1842.

5) Stuckle, R. Die selbsttätigen Pumpenventile in den letzten 50 Jahren. Berlin. 1925, стор. 247.

6) Krauss. Untersuchung selbsttätiger Pumpenventile und deren Einwirkung auf den Pumpengang. Mitt. über Forschungsarbeiten. 1920. H. 233.

7) Eck, B. Strömungserscheinungen in Ventilen. Abhandlungen aus dem Aerod. Institut an der Techn. Hochschule Aachen. H. 4. 1925.

8) Schrenk. Versuche über Strömungsarten, Ventilwiderstand und Ventilbelastung. Mitt. über Forschungsarbeiten. 1926, H. 272.

9) Riedler, A. Indikator-Versuche an Pumpen und Wasserhaltungsmaschinen. München. 1881.

10) Josse, E. Versuche mit rasch-laufenden Pumpen. Mitt. aus dem Maschin.-Laboratorium zu Berlin, München u. Leipzig. 1899.

11) Goodman. Hydraulic Experiments on a Plunger Pump. Proc. Inst. Mechanic. Engineers. 1903.

На підставі такого роду індикаторних досліджень смоків Riedler дійшов низки висновків, як щодо роботи хлипаків, так і смоків суціль. Не спиняючись на висновках першого роду, що не мають уже особливої ваги тепер, скажемо про низку висновків загального значення, що мали істотну вагу за подальшого опрацювання конструкцій смоків.

Перш за все Riedler зазначив несприятливий вплив на роботу смоків засисуваного повітря, що його він назвав навіть одним з найнебезпечніших ворогів смока, проти якого треба боротися всякими засобами, у тім числі і вивороненням відповідних конструкцій і дбайливим доглядом.

Далі, звернув він увагу на істотну вагу температури всисуваного течива та висоти всисання, що впливають на правильність роботи смока. Нарешті, він також перший висловив думку, що майбутнє побудування толокових смоків лежить у задовільнім розв'язанні питання про швидкорушність таких смоків.

Дослідження Josse становили немов продовження Riedler'ових досліджень і стосувались до виявлення, головню, таких питань:

- 1) поведінка водяних мас, хлипаків і повідневих механізмів підчас нормальної побільшеної швидкорушности смоків і за різних висот всисання;
- 2) поведінка ущільнень толоків та хлипаків, а також і виробневої арматури за збільшення швидкорушности смоків;
- 3) виявлення взагалі тих і тих хиб у роботі швидкорушних толокових смоків.

Не спиняючись знов на подробицях досліджень, для ознайомлення з ними посилаємо до зазначеного вище перводжерела. Скажімо лише, що найголовніші наслідки випробувань становлять таке: толокові смоки, що роблять нормально при 150—200 обертах на хвилину та висоті всисання на 3,5 м, цілком бездоганно можуть робити за побільшення кількості обертів до 300 з тою самою висотою всисання, а за відповідного правильного добору поперечних перекроїв для проходу води, навіть і за побільшення кількості обертів до 350 на хвилину й висоті всисання до 5 м.

Нарешті, в наслідок випробувань у Josse постало переконання, що можливо виробити нові конструкції толокових смоків, цілком відповідні всіма частинами зазначеним вище, незвичайно високим на той час умовам швидкорушности для нормальної довгочасної експлуатації.

Грунтовніші спроби заклав був проф. John Goodmann 1903 р. з пурначевим смоком, що живив паровика.

Підчас своїх випробувань Goodmann застосував спеціального гідравлічного індикатора до нагнітної труби і досяг рекордного тиску на 221 атм., не вважаючи на те, що смок призначався до робочого тиску лише на 9,5 атм. Збільшуючи раз-у-раз отвори для проходу води й тим зменшуючи швидкість її, цей тиск зменшено до 57,8 атм.

Як широко Goodmann перевів спроби, це показує бодай перелік завдань, що їх поклав він собі при спробах. Завдання ці були такі:

1) Яка величина обсягового сучинника видатності смока, коли нема повітряного всисного ковпака, і яка величина порожні у всисному трубопроводі за умов:

а) зміни висоти всисання й висоти нагнічування, лишаючи в той таки час швидкість ходу смока сталу;

б) зміни швидкості ходу, лишаючи висоту нагнічування сталу;

в) зміни довжини всисного трубопроводу, лишаючи інші умови роботи смока незмінні;

г) роботи смока без всисного хлипака.

2) Виявлення поведінки хлипаків за нормальної роботи смока й вплив на цю поведінку змін умов ходу смока.

3) Дослідження умов створення гідравлічного вдару у всисному трубопроводі.

4) Визначення втрат у тискові, в наслідок тертя води підчас проходу крізь хлипаки та смокові канали.

5) Визначення величини механічного сучинника видатності смока й її змін при зміні умов нагнічування.

6) Визначення ефекту уставу повітряного ковпака на смоковім трубопроводі.

Ця широчінь поставлення собі завдань і старанне переведення самих випробувань, у зв'язку з переліченими вище дослідженнями хлипаків інших робітників науки, в історії вивчення толокових смоків мали величезну вагу, і, безперечно, відтоді розвиток цієї царини техніки набув твердого ґрунту.

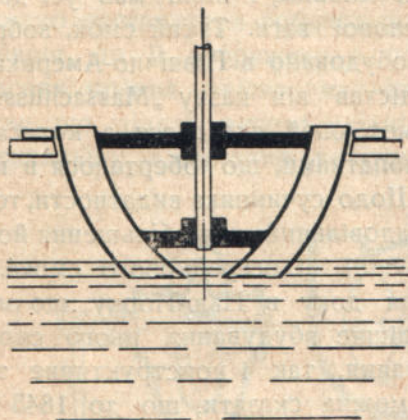
Збільшення обсягового сучинника видатності смоків, збільшення гідравлічного й повного сучинника видатності, правильніше, з погляду гідравліки та механіки, розміщення повітряних ковпаків і взагалі конструювання смоків, правильніша оцінка доконечности конструктивних особливостей у зв'язку з призначенням смока, чимале збільшення швидкорухности смоків, урешті — нові методи обчислення й конструювання хлипаків, — усе це є безперечні наслідки зазначених вище досліджень (з них Goodman'овим дослідженням належить не остання роля), з одного боку, і більш-менш докладно опрацьованої вже на кінець 19-го сторіччя теорії толокових смоків, з другого боку.

Знов, у наслідок усіх перелічених допіру вдосконалень у толокових смоках і поліпшень якостей та зисковности їхньої роботи постало сливе повсюдне й найрізноманітніше їх уживання, і якийсь час толокові смоки сливе виключно переважали по всіх галузях піднесення течив. Од величезних розмірів повільних парових смоків для висмокування води з глибоких шахт до дрібних смоків, застосовуваних на подачу олії для мастіння моторів і верстатів, будовано толокові смоки різноманітніших форм і виконання, і здавалося, що цей тип машин-смоків так закорінився в промислове й господарське життя народів, що винайти машину, якою б їх можна замінити, коли не по всіх царинах, то принаймні по деяких, немає змоги та й

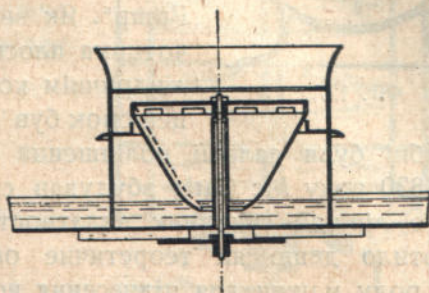
нема в тім потреби. Але в 17 столітті винайдено інший тип машин-смоків, що робили зовсім за іншим принципом; на цей тип довгий час, з низки міркувань, не покладалися, не надавали йому жодних переваг проти толокових смоків, і, навпаки, вважали його всіма сторонами гіршим за останні.

Тип цей — відосередкові смоки.

Винахід відосередкових смоків, як уже говорено, залічують до 17-го сторіччя, саме до 1680 р.; принаймні, до цього року залічують перший малюнок досить грубого відосередкового смока, що його зробив Giovanni Jordan. Перший же справді збудований відосередковий смок приписується Раріп'ові, і він має дату 1703 р. Щоправда, і Раріп далі за модель діла не довів, бо для справжнього великого



Фіг. 125.



Фіг. 126

смока не було рушія, що мав би досить рівномірний повертальний момент і велику кількість обертів.

Протягом 18-го сторіччя дехто вже задавався питанням про те, щоб підносити воду за допомогою відосередкової сили, хоч і без виразного успіху. Що це питання захоплювало тоді уми не тільки техніків, але й теоретиків, це бачимо з того, що славнозвісний математик Euler у той час (1754 р.) спробував був дати першу теорію відосередкових смоків.

Перші, дійсне збудовані, відосередкові смоки були дуже простої форми, зображеної на поданому рисунку (фіг. 125). Згідно з рисунком, смок складався з ряду зігнутих трубок, скріплених з прямовисним валом. Вода йшла до цих трубок знизу без всисання; підчас повертання такого апарату вода, під впливом відосередкової сили, підносилася по стінках трубок угору й витікала крізь їх краї з боків.

Дещо пізніш Walter, учитель технічної школи в Нюренберзі, запропонував замінити трубки просто на чашкуватий посуд; його смок, зображений на фіг. 126, мав, через таку заміну, проти попередніх, менші гідравлічні втрати, отже, й більший сучинник видатності. Такого роду апарати подібувано в 18-м сторіччі досить часто, і служили вони здебільшого для

висмокування води з невеликих глибин. Відосередковими смоками, у сьогочаснім розумінні слова, їх, власно кажучи, назвати не можна, як через те, що лише дуже нікчемна частина відосередкової сили використовується в оцих апаратах, так і через те, що вода може піднятися тільки на висоту стінок апарату, взагалі дуже незначну; до того ж навіть за піднесення води на великі висоти, потрібна дуже велика кількість обертів.

Тимчасом Euler'ові ідеї, викладені в його теорії, не лишилися без наслідків. Поступінно вкорінюючись і розвиваючись в умах людей практики, вони призвели до того, що, нарешті, 1818 р. з'явилася конструкція смока, що його можна назвати справді відосередковим, і який мав усі дані, щоб набрати промислової ваги. Такий смок, зображений на фіг. 127, побудовано в Північно-Американських Штатах, і дістав він назву „Massachussets Pump“. Як видно, смок оцей складався з колеса з чотирма плоскими лопатками, що оберталося в циліндричній кожусі. Щодо сучинника видатності, то й цей смок був мало задовільний; для збільшення його потрібні були дальші поліпшення конструкції відосередкового смока.

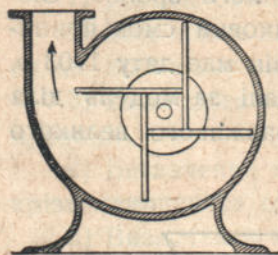
1830 року Mc Cartу збудував смок для доку в Нью-Йорку, що мав багато ліпший сучинник видатності. Успішне збудування цього смока заохотило дещо як теоретичне опрацювання, так і конструктивне такого роду машин для піднесення води, і можна сказати, що до 1845 р. почалося вже регулярне будівництво відосередкових смоків на низці заводів.

Англійські інженери та англійські заводи посідають тут одне з перших місць. Такі прізвища, як Appold, Gwynne та ін., щільно пов'язані з новими конструкціями відосередкових смоків. На виставці в Лондоні 1853 року виставлено вже декілька конструкцій відосередкових смоків.

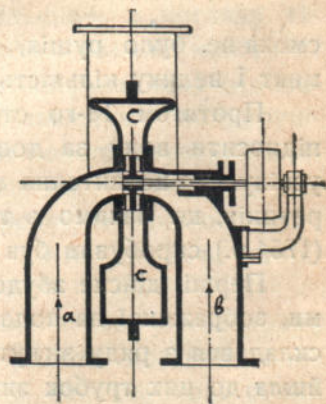
Наприклад, фірма Appold'a виставила смок, схематично зображений на фіг. 128. Як бачимо, воду підводиться, щоб запобігти вісному тискові, з двох боків до колеса *k*, обертанням його вона вганяється в спіралюватий кожух *C*, а з нього вже до напірної труби *H*; лопатки цього колеса зігнуто назад. Таким робом, спосіб чинності смоку зґрунтовано вже на збільшуваному гідравлічному тискові, а не на самій лише збільшуваній швидкості.

Смок мав сучинник видатності $0,398 \div 0,699$.

Надто в царині будування відосередкових смоків виявила себе в ту пору фірма Gwynne в Лондоні, відома й тепер. Вона випустила на ринок



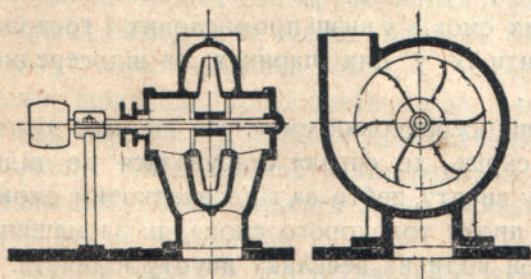
Фіг. 127.



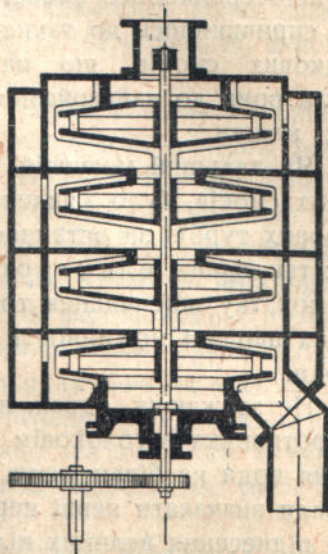
Фіг. 128.

тип смока, що мав уже всі відмінні риси сьогочасних конструкцій (фіг. 129). Відзначне те, що в цього смока можна констатувати вже певне намагання до нормалізації фабрикату. Ввесь кожух зроблений симетричним і обидва всисні канали зроблено цілком однакові, і, мабуть, виходили вони з одної бовванової коробки.

Року 1853 Gwynne в оголошенні подає також конструкцію спроектованого від нього високонапірного відосередкового смока (фіг. 130). Цікаво, що Gwynne, проектуючи цей смок, уже добре усвідомлював принцип многосхідчастих відосередкових смоків високого тиску, що застосовується й тепер: загально вживане просте ведіння води в послідовно поставлених робочих колесах. Конструкція, що її зображено, з погляду сьогочасних правил, звісно, має істотні хиби: стінки, що ділять окремі східці, розміщено неправильно, а напірний повітряний ковпак



Фіг. 129.



Фіг. 130.

безцільний. Цей проект тоді не здійснили, бо Gwynne неспроможний був збудувати рушія з досить великою кількістю обертів.

За тих часів відосередковий смок застосовувано, головню, до зводнювальних і висушних устав і взагалі до тих устав, де малося підносити воду на невелику висоту. І тоді вже окремі фірми будували відосередкові смоки, як нормальний фабрикат, у чималих кількостях. Фірма Gwynne збудувала, напр., до 1868 р. таких смоків понад 4000.

Проте, не зважаючи на такі успіхи в будівництві відосередкових смоків, перші типи цих смоків були дуже недосконалі й не могли давати задовільного сучинника видатности; цим з'ясовується й недобра слава про їх, як про машини, придатні лише для невеликих піднесень води, а через те й не відповідні до тих різноманітних умов пересмокування течив, що взагалі можуть подибуватися на практиці, і для яких за найпридатніші були толокові смоки, що мали до того ж і вищий сучинник видатности.

Року 1860 Weisbach опрацював був за допомогою математичної аналізи основне завдання відосередкового смока, визначивши відношення між

висотою (H) піднесення течива, кутами лопаток і обводною швидкістю, не беручи до уваги, проте, ніяких гідравлічних втрат у трубопроводах і в корпусі відосередкового смока. Для розвитку правильних понять про відосередкові смоки це теоретичне Weisbach'ове опрацювання мало, безперечно, величезну вагу.

Але зовсім новий період індустриального розвитку відосередкових смоків починається з 1875 р., коли Osborn Reynolds'ові спала геніяльна ідея поставити до відосередкового смока дифузора. Додання останнього до відосередкового смока, не зважаючи на чимале ускладнення конструкції, спричинилось до таких безперечних переваг у функціонуванні відосередкових смоків, що на їх звернули увагу промислові кола, і призвели вони до найсерйознішого вивчення цієї скромної класи гідравлічних машин.

Як дальший могутній поштовх до промислового розвитку відосередкових смоків, було з'явлення й швидке удосконалення електромоторів та парових турбін за останнього періоду минулого сторіччя. Вже перші типи цих, так званих, електросмоків і турбосмоків були за провозвісників початку занепадання толокових смоків у низці промислових і господарських царин і можливості замінити їх у цих царинах на відосередкові смоки.

Не зважаючи, однак, на це, відосередковий смок усе ще має дужого супротивника в толоковій смоці скрізь, де справа стосувалася до піднесення води на більш-менш значну висоту, цебто за відосередковим смоком почали визнавати певні переваги проти толокового смока, як за машиною для піднесення великих кількостей води на невелику висоту підняття. За більш-менш чималих висот підняття відосередкові смоки й далі давали все ще середній сучинник видатності.

Ця остання хиба залежала, поперше, від усе ще недосконалого знання дійсного внутрішнього процесу роботи, а через це й дійсного призначення відосередкових смоків, з другого боку, від незнання низки чинників, що були надзвичайно істотні, як для створення повнішої теорії, так і для правильнішого конструктивного опрацювання відосередкових смоків.

А тимчасом, як уже зазначувано вище, на можливість і придатність до застосування відосередкових смоків для великих піднесень Gwуппе звернув був увагу ще в середині минулого сторіччя. Точнісінько так само, року 1850 американець W. H. Johnson запропонував на тім самім валі смока декілька робочих коліс послідовно, щоб тим самим побільшити висоту піднесення пересмокуваного течива.

Дещо пізніш фірми Brodnitz & Seidel та Berliner Union (1873 р.) зробили вже невеликі устами з так званими подвійними смоками, хоч високонапірними відосередковими смоками в справжнім розумінні цього слова останні не можна ще звати.

Року 1892 Rateau оголосив¹⁾ був свою працю „*Considérations sur les turbo-machines*“, що її слід вважати за першу працю, яка містила в собі сьогочасну теорію відосередкового смока.

Фірма Sulzer року 1894 приставила першого великого високонапірного смока гірничому підприємству Ногсаїо в Іспанії. Смок видатності $4,8 \text{ м}^3/\text{хвил.}$, при напорі на 150 м навіть по 2-річній експлуатації дав сучинник видатності 0,76.

На рік 1895 конструкується смок з 3 робочими колесами, і потому швидко вже переходять до складніших смоків із кількістю коліс далеко більшою, дійшовши поступінно спершу до смоків з 12 колесами, а потім і до смоків з 20-ма і більшою кількістю коліс.

Першими роками цього сторіччя всю увагу науки й техніки звернено виключно на вивчення форми і підхожішого профілю для лопаток робочого колеса й напрямного апарату (дифузора). Працюючи в цім напрямі, Neumann року 1901 запропонував обрисовувати лопатки за простою або подвійною розгорткою, що, однак, не дало надто сприятливих наслідків, хоча сам автор мав надію, що такий обрис лопаток набагато побільшить сучинника видатності смока. Через те на практиці застосовували й тепер часто-густо застосовують лопатки з обрисованням за дугою круга, з одночасним, щоправда, профілюванням лопаток по деяких заводах і за евольвентою. Теоретично питання про правильне, з погляду гідродинаміки, профілювання тепер лопаток відосередкового смока, так само, як і турбобудівництво, треба вважати за не досить ще повно розроблене, хоч є вже й тут великі досягнення²⁾.

Можна вважати, що останніми роками задовільно розв'язане надзвичайно важливе питання для практики відосередкових смоків, надто многосхідчастих, про усунення вісного тиску, яке так довго становило одну з причин, що заваджали широкому розповсюдженню відосередкових смоків, і від бездоганного розв'язання якого залежала експлуатаційна безпечність смока. В смоках низького тиску питання це добре розв'язується з двобічного підведення течива до робочого колеса, хоч є чимало конструкцій смоків з однобічним підведенням; у смоках високого тиску (многосхідчастих) усунення вісного тиску досягають через низку конструктивних заходів, і править воно звичайно за одну з характеристичних відзнак смоків різних заводів.

Як це здійснюється, далі ознайомимося докладно.

1) Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. Saint-Etienne, 1892. — Revue de Mécanique, 1897 à 1900. — Traité de turbo-machines. Paris. 1900.

Пізніш низка статтів щодо відосередкових смоків у журналі „Génie Civil“ за 1902, 1908, 1910 pp.

2) Pfeleiderer. Kreiselpumpen. Berlin. 1924.

Müller, W. Mathematische Strömungslehre. Berlin. 1928.

Kucharski. Strömungen einer reibungsfreien Flüssigkeit. München-Berlin. 1918.

Kucharski. Strömungen im rotierenden Kanal. Z. f. d. des Turbinwesen. 1917.

Усі ці досягнення, поряд з обробленням правильного обрису кожуха, отже, й правильним веденням течива в кожусі, доцільним виготовленням опірних частин, добрим ущільненням робочого колеса й вала, набагато та гаразд відзначають сьогочасні конструкції відосередкових смоків від попередніх. Не дивно, отже, що поширення відосередкових смоків швидко посунулось уперед, і кількість конструкцій та типів відосередкових смоків, придатних для найрізноманітніших випадків практики, збільшується не днями, а годинами. Воднораз із появою нових конструкцій помічається прагнення збільшити швидкорухність відосередкових смоків, надто низьконапірних. Наочна вигода безпосереднього злучення смока з електромотором щодалі все збільшує пропонування коліс із чимраз більшою кількістю обертів; з'являються швидкорухні та ультра-швидкорухні смоки низького тиску, цілком аналогічно до того, як у той самий час у царині гідравлічних турбін вироблялись для малонапірних устав швидкорухні та ультра-швидкорухні турбіни. Точнісінько так само за аналогією з турбінобудівництвом, намагання побільшити перепускную спроможність окремого колеса при малім поперечнику його привело у смокобудівництві до коліс із дуже невеликою кількістю гвинтуватих лопаток на зразок пропелерових¹⁾ лопаток.

§ 2. Сьогочасний стан питання про пересмокування течив і конкуренція між толоковим і відосередковим смоками

Рівнобіжно з опрацюванням нових форм толокових (з зворотно-посувним перебігом толока) і відосередкових смоків та різного роду вдосконаленням в них, ішла робота в утворенні нових форм смоків. Не спиняючись на історичному розвитку цих останніх форм смоків, тим паче, що всі вони, здебільшого, є продукт нового часу, відзначмо лише, що в короткому огляді типів смоків, що є тепер, ми вже бачили, які різноманітні ці типи; воднораз із цього огляду не важко побачити, що майже всі ці смоки, коли рівняти їх до толокових і відосередкових, у промисловім і господарським житті народів мають далеко меншу вагу й обмеженіше застосування. Одні з них застосовують у хатнім ужитку для висмокування води з підвалів, льохів та ін. (водоструминні смоки), інші—при виконанні будівельних робіт для висмокування води з копанів (крильчасті смоки, діафрагмові смоки), треті в сільсько-господарській обіхідці, і вони мають кустарний характер (тарани), четверті—в різного роду виробництвах для пересмокування тих чи тих, часом хемічних, часом виробневих течив (тарани, ротативні смоки), п'яті, хоч і поширені в технічному промисловому житті, але царина застосування їх або допоміжна (ротативні смоки, інжектори), або вузько-обмежена спеціальними умовами (смоки Gumphrey) або, на-

¹⁾ Pflleiderer. Kreiselpumpen. Berlin. 1924.

Проскура, Г. Ф. Смоки пропелерового типу. Наукові записки Харківського Технологічного Інституту. Т. II. В. I. 1927, стор. 79.

решті, вузько спеціальна (пневматичні смоки). Крім того, всі ці смоки, за винятком смоків Gumphrey, мають малу видатність і малонапірні (виняток щодо останнього становлять зубчасті ротативні смоки).

Становлячи витвір нового часу, головню 19-го сторіччя й навіть 20-го, їх культивувалося в вузько обмежених царинах, що zostавалися їм від толокових смоків, цілком подібно до того, як старі дерева в лісі не відбирають можливості рости між ними невеличким деревцям чагарникового типу; але водночас подібно до того, як оці старі дерева не можуть заваджати рости, догнати, ба навіть перерости себе іншим підходящим до даних умов дужим і могутнім породам, точнісінько так само й толокові смоки не могли стати на заваді зростові могутніх індивідів, теж витвору нового часу, але дужчому й успособленішому до промислових умов—відосередковому смокові.

Отже, в наслідок праці творчого людського генія, з одного боку, і сьогочасних промислових і господарських потреб, з другого, цілком ясно вимальовується вага відосередкового смока нині і величезна роля в майбутньому. Що це справді так, за це промовляє широке розповсюдження теперішніми часами по всіх галузях промисловости та господарського життя цього типу смока.

Справді бо, не казавши вже про виїмково широке застосування низьконапірних відосередкових смоків у зводнювальних уставах та про щораз більше поширення відосередкового смока у водотяжній і каналізаційній справі та поступінне випирання з неї толокового смока, при чім для водопостачання великим округам дедалі все помітніше стає намагання використати ґрунтові води, і, відповідно до цього, вироблено спеціальний тип артезійського високонапірного відосередкового смока (див. фіг. 86 б) з кількістю коліс, що в деяких виробках досягає 28; відосередкові смоки набули поширення й в таких царинах, як гірництво, де їх застосовують для висмокування води з шахт, і в рудотопницькому ділі, де їх застосовують, як гнітові смоки. Царини ці до останнього часу становили монополію толокових смоків, а проте, виявилось, що відосередкові смоки, зважаючи на їхню надійність в експлуатації, простоту регулювання й рівномірність подавання, якраз є дуже придатні для цієї цілі.

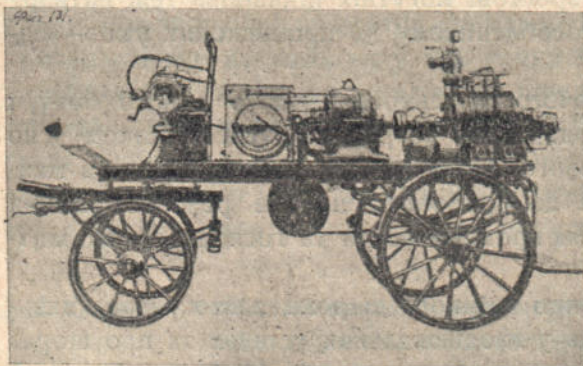
Починають застосовувати високонапірні (до 110 атм.)¹⁾ відосередкові смоки і як смоки для живлення казанів. Надто в казанових великих центральних електровень і на суднах при надаванні чинности від електромоторів і парових турбін вони виявилися дуже практичні. Впадає в око тут простота обслуговування й чиста експлуатація, як рівняти, напр., до парових толокових смоків (дуплекс-смоків). Крім того, велика перевага цих смоків у тім, що відосередковий смок, живлячи казана, навіть при закритій засувці в напірнім трубопроводі може вільно далі робити з його нор-

¹⁾ We y l a n d, G. Kesselspeise—Kreiselumpfen für Hochdruck—Dampfanlagen. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1928, стор. 317.

мальною кількістю обертів цілком безпечно, отож, обхідний трубопровід не потрібний. Потрібна при цім потужність становить лише $\frac{1}{3}$ нормальної.

Велике поширення електровень по містах дає змогу, далі, застосовувати високонапірні відосередкові смоки в злученні з електромоторами, як пожежні смоки. Фіг. 131 показує, напр., при знятій захисній покривці з електромотора просту й наочну злагоду таких пожежних смоків. Застосовують відосередкові смоки і при конденсаційних уставах, як для всисання конденсату, так і повітря.

На перелічених царинах не вичерпується застосування відосередкових смоків. Відкриваються, з одного боку, раз-у-раз нові царини, що ніби б



Фіг. 131.

спеціально чекали на розвиток відосередкових смоків, щоб виявити себе, з другого боку, у відосередкових смоків виявляються такі нові властивості, що досі вважались за перевагу толокових смоків, а через це стає можливим і далі випирання толокових смоків з їхніх позицій, які видавались за міцні. З нових царин застосування відосередкових смоків зазначимо застосування їх до живлення водою з ниж-

нього б'єфу спеціальних водозбірних басейнів при гідросилових уставах для регулювання потужности станцій.

Одну з щонайбільших сьогочасних устав такого роду являє устава Wäggital-Kraftwerk (Schweiz), що побудована на весні 1925 року. Установлені тут 4 відосередкові смоки, кожний на 5000 P. S. виконали з першого ж моменту пуску в рух своє завдання цілком успішно згідно з завданнями¹⁾.

Точнісінько так само щодалі, то більш уваги приділяється на злагоду сливе аналогічних устав для вирівнювання шпильових навантажень великих електровень через зладження штучних гідравлічних устав, що роблять водою, нагнічуваною відосередковими смоками до високо розміщених водозбірних резервуарів²⁾. Для нагнічування води користуються при цім не тільки з незужитої енергії гідравлічних устав, але й з енергії теплових устав, через що при теплових уставах виходить найліпше використання тепла та рівномірніше обтяження. Опріч того, виявляється, що за певних відношень можна таку водозбірну силову уставу в злучі з тепловою зробити зисковою³⁾.

¹⁾ Zeit. d. Ver. d. Ing. 1926, стор. 26 і далі.

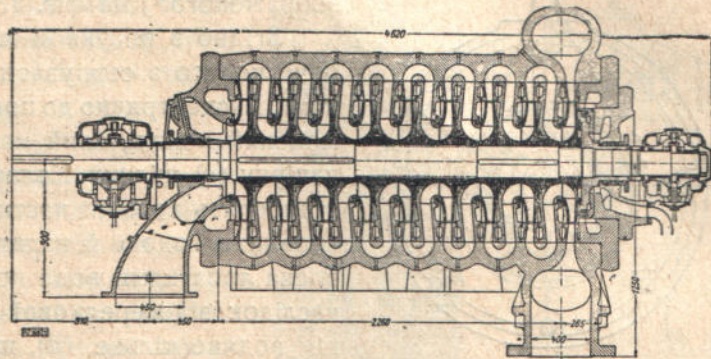
²⁾ Zeit. d. Ver. d. Ing. 1924, стор. 1161 і далі.

³⁾ M a s. Untersuchungen über die hydraulische Speicherung von Dampf Kraftenergie. Wasserkraft-Jahrbuch. 1925-26.

Для Німеччини є ціла низка такого роду опрацьованих проектів з турбінами потужністю від 30 000 до 100 000 P. S. кожна. Із здійснюваних устав привертає до себе увагу устава в м. Мюнхені, де (міські електровні) водозбірна силова устава виконується в злучі з уставою Leitzach.

В уставі є два відосередкові смоки на 130 м манометричного напору, з подаванням $3,75 \text{ м}^3/\text{сек}$ і потужністю на 8000 P. S. кожний, а також подвійна спіральна турбіна потужністю на 11 000 P. S. На смоки ставляють обертальні регулівні лопатки. Найбільший сучинник видатности цих смоків підчас випробувань дорівнював 0,852. Смоки виготовляла фірма Escher-Wyss C^o (Ravensburg). Року 1926 поставлено на роботу для аналогічної мети два 9-східчасті відосередкові смоки з подачею $410 \text{ л}/\text{сек}$ кожний при 920 м манометричного напору на швайцарській уставі Tremorgio¹⁾.

Обидва смоки роблять безпосередньо від електромоторів потужністю на 12 810 P. S. при 1000 обертах на хвилину. Смоки поземі (фіг. 132).



Фіг. 132.

Щодо виявлення у відосередкових

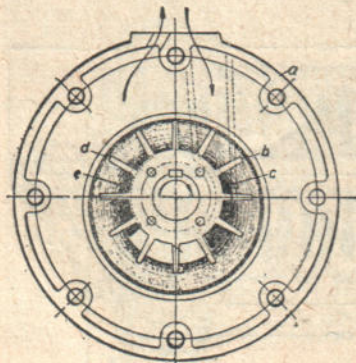
смоках нових якостей, що позбавляють толокові смоки, здавалося б, цілком неприступних позицій, то тут досить зазначити про одне, з нашого погляду, найістотніше: це можливість самовисання течива. Щоправда, відосередкові смоки в цім напрямі зробили лише перший пролім, але дуже великий, і він дасть наслідки.

Річ у тім, що, як відомо, для надання чинности відосередковим смокам, треба наперед як всисну трубу, так і внутрішній простір смока сповнити водою; це і роблять, коли є нижній всисний хлипак, через безпосереднє наповнення смока; якщо ж такого хлипака нема, то наповнюється смок через висмокування повітря з камери смока та всисної труби. Цей спосіб пуску в рух смока здебільшого не становить ніяких труднощів і відбувається сам собою дуже просто. Труднощі постають, однак, коли всисні трубопроводи довгі, коли ці останні не на всьому своєму протязі до входу в смок ідуть підносячись; буває також, що цілком поземо прокладений всисний трубопровід, в наслідок осідання ґрунту, в якомусь місці знизиться; таким робом, у цих випадках у всисному трубопроводі утворюються повітряні мішки, що надзвичайно шкідно позначаються на роботі

¹⁾ Trzcinski, M. Kraftwerk Tremorgio. Schweizerische Bauzeitung. 1927. Bd. 89. H. I. 2 i 11.

відосередкових смоків. І дійсно, є багато устав, що чудово й безперерійно роблять з толоковими смоками, але вони не роблять з відосередковими смоками, і це буває саме через повітряні мішки, в наслідок неправильного положення всисного трубопровода. І якби пощастило так виготовити відосередкові смоки, щоб вони всисали течиво без згадуваних вище заходів, або, як кажуть, вони були б самовсисні й стали б, таким робом, нечутливі до повітряних мішків, то вони могли б конкурувати з толоковими смоками і в тих царинах, де досі переважали тільки толокові смоки.

Ось фірма Amag-Hilpert (Nürnberg) і запропонувала для утворення порожні в смоковій камері й всисній трубі і, виходить, створення умов всисання течива, скористуватися з Siemens-Schuckert'ового (Berlin) апарату, що його звуть кільчастим смоком, зображеного ¹⁾ на фіг. 133.



Фіг. 133.

Згідно з рисунком на валі обертається робоче колесо з серпуватими радіальними лопатками. Ексцентрично до поперечника лопаток розміщений кожух, який має по боках всисну (c) і напірну (e) щілини. Колеса й кожух із щілинами становлять головні частини смока. Коли смок сповнити водою й надати чинности, то захоплена лопатками вода почне теж обертатись; в наслідок відосередкової сили утворюється при цім водяне кільце (d), що зовні відповідатиме формі кожуха, а всередині своєї найдальшої поверхні буде дотикатись погрубшеного утулка

колеса. Серпуватий простір, що створюється таким способом біля внутрішніх частин лопаток коло утулка, становить робочий простір смока. Між кожними двома суміжними лопатками, обома бічними стінками кожуха й внутрішньою поверхнею водяного кільця міститься повітря, його й буде випирати від всисного боку до напірного, де його крізь відповідні отвори та канали виганятиметься надвір. Для ущільнення править по всіх частинах вода, отож, обертальні частини можуть бути стримувані одна від одної на певних віддаленнях. З таким смоком можна створити, як до величини смока, хоч яку порожню. Смोक має ту велику перевагу, що він придатний для висмокування повітря, повітро-водяної суміші та навіть самої води.

Такого роду смок, за пропозицією від фірми Amag-Hilpert, змонтований на валі відосередкового смока і може служити, і дійсне служить, самовсисанню відосередкових смоків.

На фіг. фіг. 134 а, б, зображений, напр., з зовнішнього боку і в розрізі такий самовсисний прямовисний смок, злучений безпосередньо з електромотором (a); смок цей застосовують як трюмовий водовідливний смок, або савуровий судновий смок. Повітросмок (b) змонтований нижче за від-

¹⁾ Neumann, F. Neue Bauarten von selbstansaugenden Kreiselpumpen. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1926, стор. 1573 і далі.

осередковий смок; всисання відбувається крізь штуцер (с), нагнічування крізь штуцер (d). За даного розміщення повітросмока щодо відосередкового виходить та вигода, що підчас зупинення смока повітросмок завжди сповнений водою, а тому він готовий для дальшої роботи.

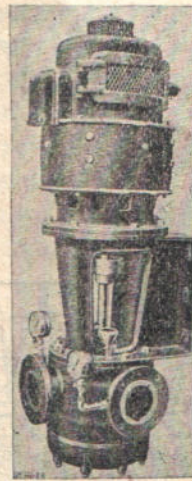
Такого ж типу самовсисні прямовисні смоки роблять многосхідчастими, і служать вони до висмокування течива з великих глибин. У журналі „The Engineer“ за 1927 р. (25/II, стор. 222) описано, напр., восьмисхідчастий самовсисний смок для подачі $90 \text{ м}^3/\text{год}$ води на висоту 85 м; злучений безпосередньо з 75-сильним електромотором простого струму (440 V), смок цей робить 1440 обертів на хвилину.

Надто велике поширення мають самовсисні смоки відосередкові, як пожежні смоки. Для такого роду смоків надзвичайно важливо яко мога більш зменшити час присисання і, крім того, мати цілковиту певність і можливість усувати повітряні мішки по всисних лініях, бо останні в умовах пожежі не завжди можуть бути розміщені так, як належало б. Окрім того, коли пожежний смок всисає воду безпосередньо з колодязя, і рівень води в останньому при таких відсисанні знижується, то незрідка буває, що нижній кінець всисної кишки виходить із води. В таких випадках раніш при несамовсисних смоках треба було смок зовсім спиняти і через спеціальні пристрої, що відсисають повітря, відсисати останнє з смока і всисної кишки, і тільки тоді знов пускати смок у рух.

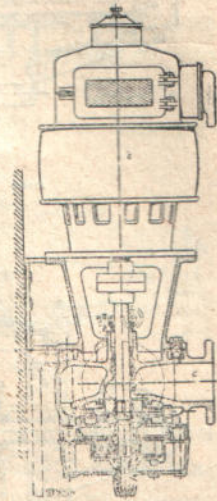
При самовсисних пожежних смоках смок, що відсисає повітря, постійно обертається разом з основним смоком. Коли тепер підчас знижування рівня води в колодязі кінець всисної кишки і вийде з води, і повітря прохопиться в ню, то смок умить зупиняється. Піднесеться знов рівень води в колодязі, нижній кінець всисної кишки знов буде у воді, повітросмок усуне повітря з відосередкового смока, і останній за якусь пару секунд знов уже робить, без ніякого зовнішнього, що надто важливо підкреслити, увімкнення. Таким робом, смок знов починає робити самостійно.

Такий пожежний трисхідцевий змок зображено на доданій фіг. 135. Повітросмок змонтовано тут також в однім кожусі з смоком, і він постійно обертається разом з останнім; розміри повітросмока обрано такі великі, що він у стані за 35 секунд відсмокувати повітря з всисної кишки довжиною 10 м при висоті всисання 7 м.

Для нормальної звичайної роботи вигляд самовсисного відосередко-



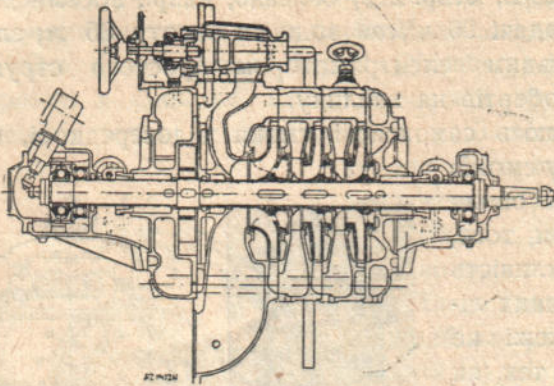
Фіг. 134 а.



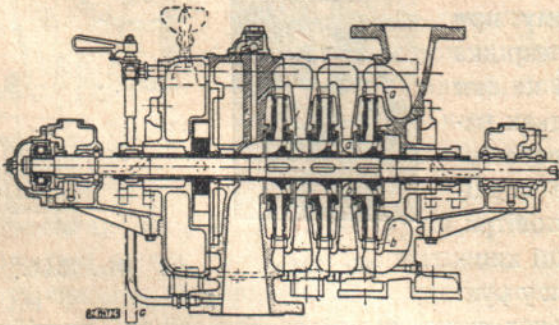
Фіг. 134 б.

вого смока мало чим відрізняється від звичайного відосередкового смока. Це легко побачити з фіг. 136, де подано 3-східчастий самовсисний відосередковий смок, при чім внутрішня злагада зображена в двох можливих конструктивних варіантах (*a*, *b*), легко зрозумілих з малюнка.

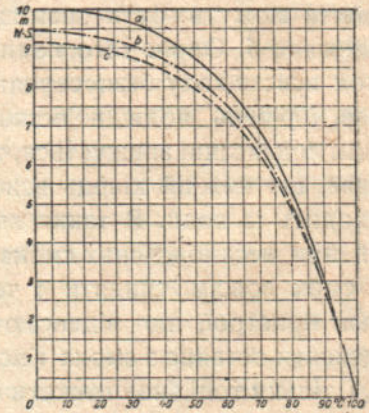
Немалозначним питанням підчас застосування самовсисних відосередкових смоків є питання, до якої манометричної висоти може всисати відосередковий смок у злуці з повітросмоком, залежно від температури води. Додавана до цього діаграма (фіг. 137) може дати з цього приводу відповідь; на цій діаграмі суцільна лінія (*a*) дає найбільшу теоретичну величину порожні, що її одержує повітросмок за різних температур



Фіг. 135.



Фіг. 136.



Фіг. 137.

при пересічному барометричному тискові на 760 мм живосрібного стовпа; крапчаква крива (*b*), що проходить приблизно на 6% нижче за теоретичну, показує ту порожню, якої за нормальних дійсних умов роботи може досягти повітросмок. Друга крапчаква лінія (*c*) дає вже висоту всисання відосередковим смоком у злуці з повітросмоком. Ця крива лежить приблизно на 3% нижче за криву (*b*), і це зниження з'ясовується тим, що воді, всисаній до робочого колеса, це останнє надає обертального руху і, таким робом, при закритій засувці встановлюється якась певна швидкість води. Відповідна до цієї швидкості висота напору й зменшує теоретично одержувану повітросмоком висоту всисання. З ходу кривої (*c*) видно, що при температурах води на 40°, 50° і 60° можна одержати спадомірні висоти всисання на 8,4, 7,8 і 7,3 м, що для практики цілком задовільно.

Далі ми побачимо, що, призначаючи висоту всисання гарячої води, неодмінно треба, у зв'язку з явищами кавітації, бути надто обачними, і щойно зазначені висоти всисання повинні бути значно знижені.

Нарешті, слід ще звернути увагу на одну умовину, яка для конкуренції відосередкових смоків з толоковими має велику вагу. Це далеко менша потреба в площі розміщення відосередкових смоків, коли рівняти їх до толокових, значно менша вага і, значить, далеко менша вартість.

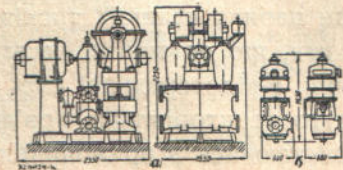
На додаваних фіг. фіг. 138 а, б, наведено схеми розміщення толокового й прямовисного самовсисного відосередкового смоків і простору, потрібного для них на однакову видатність ($200 \text{ м}^3/\text{год}$) і однакову висоту нагнічування (до 20 м). Легко обчислити, що даний толоковий смок потребує для себе площі на $3,96 \text{ м}^2$, тимчасом як відосередковий смок лише $0,41 \text{ м}^2$. Вага першого, залічуючи й всі передатні механізми, визначена кругло на 3500 кг, вага другого лише на 400 кг; цілком зрозуміло, що вартість другого смока за таких умов буде далеко менша від першого.

Останні якості відосередкових смоків надто сприятливі для використання їх на суднах, де завжди відчувається потреба в зменшенні ваги речей механічного устаткування та потрібного для їх простору. Не дивно, отже, що відосередкові смоки набули на них великого поширення, а проте, ще недавно судна становили монополію толокових смоків.

Сливе необмежена можливість пристосування відосередкових смоків до найрізноманітніших потреб визнана на всім світі; вироблювані у вигляді різних конструкцій і найможливіших розмірів, від щонайменших смочків для хатнього вжитку, до велетенських екземплярів для водотяжних станцій і гідравлічних устав для вирівнювання обтяжень останніх, вони поширені скрізь.

Яких справді бо великих розмірів досягли останніми часами відосередкові смоки, досить указати на смоки, виготовлювані тепер для водозбірної устави Niederwarth'ової¹⁾ коло Дрездену (Німеччина). Кожний смок для цієї устави має подавати від 10 до $13 \text{ м}^3/\text{сек}$ на висоту 150 м при потрібній потужності рушія на 32 000 сил механ. коня. Але ще цікавіше те, що такі агрегати вже є в сьогочасних умовах не досить великі: знято питання²⁾ про ще більші одиниці, що їх і мають замовити найближчими часами.

Зазначена допіру устава цікава ще й з другого боку, а саме з погляду призначення: покладено завдання обслуговувати вирівнювання обтяження



Фіг. 138 а, б.

¹⁾ Zeit. d. Ver. d. Ing. 1927, стор. 837 і 938.—Wasserwirtschaft (Wien), 1927, стор. 520.—E. T. Z. 1927, стор. 945.

²⁾ Zeit. d. Ver. d. Ing. 1928, стор. 783.

паромашинової устави й більшу сталість запровадити в процес роботи казанів.

Після всього наведеного не дивно, звісно, що дедалі частіш чується думку, що толокові смоки вже взагалі зжили свій вік, і що їх скрізь можна замінити на відосередкові смоки, і це не вважаючи на те, що сучинник видатності відосередкових смоків поки ще відстає від такого ж толокових смоків. Але й щодо цього процес удосконалення відосередкових смоків іде великими кроками вперед. Іще недавно навіть кращі фірми зрідка гарантували величину сучинника видатності більшу ніж 0,75, відтак оцю величину підвищили до 0,8, а тепер деякі фірми починають уже гарантувати величину на 0,85, прийнятні для смоків низьких і середніх напорів. При фактичнім виконанні, за літературними даними, вже подибуємо цифри 0,86 і навіть 0,885¹⁾.

Остання обставина, звісно, ще більш допомагає поширюватись відосередковим смокам і відпирати назад толокові смоки.

Висловлюють уже думку²⁾, що є лише дві царини, де толокові смоки можуть іще поки мати перевагу над відосередковими смоками, одна з них — це царина великих тисків од 100 до 300 і більш *атм.*, хоча варт відзначити, що останніми часами починають уже з'являтися, як ми й бачили раніш, і відосередкові смоки з тиском до 115 *атм.*³⁾ і вище; друга царина суто територіяльна, пов'язана з наявністю дешевих сортів вугілля, де користаючись з прямочинних парових машин, кількість обертів яких легко змінюється в широких границях, можна з толоковими смоками досягнути більшої зисковності в роботі такої устави.

Дійсне, задля цієї зисковності при наявності дешевих сортів палива провадять і тепер будування толокових смоків і до того у вигляді смоків безпосередньо злучених з толоковими білами многоциліндрових парових машин; віддають перевагу при цім прямовисним агрегатам з розміщенням смокових одиниць у шахтах під паровими машинами, і цім вигадують висоту всисання.

Як на одну з величних устав такого роду останніх часів можна вказати на рекордну своїми розмірами водотяжну уставу⁴⁾ в Hattersheim'і (Німеччина). Кожний смоковий агрегат цієї устави складається з 3 диференційних смоків (фіг. 139) з поперечниками пурначів на 380 і 508 *мм.*, при перебігові пурначів на 900 *мм.* Такий смок може подати 522 *л/сек* на висоту 112 *м* при 60 обертах на хвилину. Над смоковим агрегатом стоїть парова машина потрійного розширення потужністю на 680 сил мех. коня

1) Zeit. d. Ver. d. Ing. 1928, стор. 32.—Zeit. d. Ver. d. Ing. 1927, стор. 1410.

2) Ostertag, P. Pumpen und Kompressoren. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1927, стор. 24 і далі.

3) Eckelmann. Kesselspeisepumpe für 93 atm. Überdruck Zeit. d. Ver. d. Ing. 1926, стор. 989.

Див. також Zeit. d. Ver. d. Ing. 1927, стор. 24 і далі.

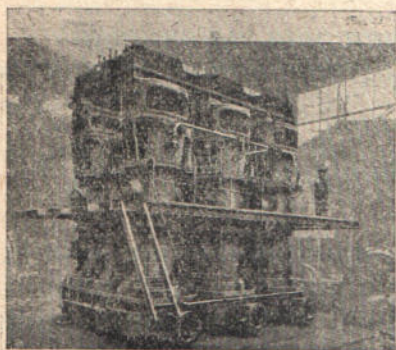
4) Zeit. d. Ver. d. Ing. 1928, стор. 783 і далі.

з кількістю обертів, яку регулюють у границях від 25 до 60 обертів на хвилину.

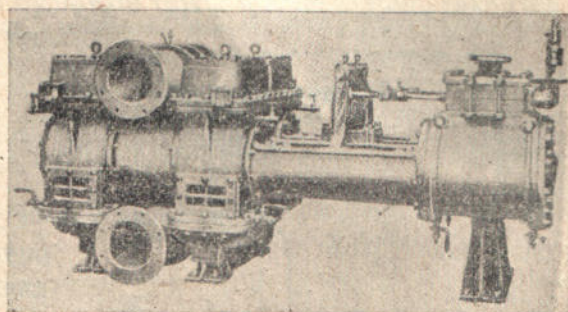
Продовжують далі будувати толокові смоки й поземого типу, теж безпосередньо злучені з паровими машинами.

З найновіших устав такого типу можна вказати на водогінну уставу м. Берліну (Німеччина) із смоками для подачі 360 л/сек на висоту 50 м при 60 обертах на хвилину.

Будують далі толокові смоки й для висмокування брудної води з пильними хлипаками, а також і для пересмокування дуже в'язких течив; на додаваному рисунку (фіг. 140) зображений, напр., смок дуплекс для пересмокування мелясу¹⁾ виробні Hayward-Tyler (Лондон); смок розрахо-



Фіг. 139.



Фіг. 140.

ваний на подавання 28 л/сек мелясу при напорі на 5,1 атм. і тиску пари 12,24 атм; поперечники толоків округло 406 (16"), 305 (12") мм при перебігові на 35 (14") мм; характеристичні відмінності смока становлять далеко перебільшені проти нормальних розмірів широкі проходи для течива й великі площі отворів хлипаків: отвори всисного й нагнітного патрубків мають поперечник на 356 мм (14"), а площа прохідного отвору кожного з хлипаків дорівнює округло 371 см²; хлипаки пильного типу.

Потрібно, нарешті, до цього додати, що, з одного боку, як у нашій Союзі, так і по інших країнах, кількість устав, що є тепер з толоковими смоками, надзвичайно велика й замінити їх ураз уставами з відосередковими смоками і не можливо, ба й недоцільно через багато причин; з другого боку, і в толокових смоках можливі ще такі вдосконалення, що можуть знов змінити погляди техніків і промислових кіл на ролі й значення цих машин. Досить, напр., зазначити, що, коли справді здійсниться можливість²⁾ виготовляти толокові смоки з абсолютною відсутністю вда-

¹⁾ Swindin, N. Modern Theory and Practice of Pumping. London. 1924.

²⁾ Meineke. Die Pumpe ohne Ventilschlag. Zeit. d. Ver. d. Ing. 1926, стр. 205 і далі.

рів хлипаків, то толокові смоки можуть не тільки задержатись на своїх позиціях, але й завернути знов назад деякі з облишених.

Усе це покищо позбавляє можливості категорично висловитись за цілковиту непридатність і непристосованість ні в яких випадках толокових смоків. Дійсне сильна конкуренція, що є тепер, з боку відосередкових смоків може добре вплинути і на толокові смоки й затримати остаточно випертя останніх на довгий час.