

Хедер Г.

Насосы и компрессоры Т. 1

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
Х35

Х35 **Хедер Г.**
Насосы и компрессоры Т. 1 / Хедер Г. – М.: Книга по Требованию, 2026. – 689 с.

ISBN 978-5-8854-2807-1

Хедер Г. Насосы и компрессоры - практическое руководство к проектированию, построению, исследованию и исправлению насосов для практиков и учащихся : в 2-х т. Т. 1, 1903. - V, 620

ISBN 978-5-8854-2807-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2026
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2026

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Тѣмъ не менѣе оказалось, что при определенномъ относительномъ ходѣ клапана $\frac{m}{a}$ или $\frac{m}{b}$ вліяніе переменныхъ величинъ не играетъ большой роли, и я могъ принять, что нагрузка клапана $p = a \frac{v^2}{100}$ въ сант. или $= f \cdot p$ въ килогр., гдѣ a представляетъ собой коэффициентъ, определяемый по приведеннымъ во второмъ томѣ таблицамъ.

Новая теорія дала возможность доказать, что срезанный коническій клапанъ (къ сожалѣнію находящій себѣ еще большое примѣненіе), вслѣдствіе измѣняемости величины $\cos \delta$, долженъ быть признанъ неудовлетворяющимъ всѣмъ требованіямъ.

Затѣмъ было найдено: сопротивленіе клапана для определенного положенія клапана составляетъ $\frac{v^2}{20 \cdot g}$ атм. (гдѣ v — соотвѣтствующая скорость въ щели), а для всасывающаго дѣйствія (поднятія) $= p$ атм., гдѣ p означаетъ нагрузку клапана на кв. сант. (ускореніе массы клапана здѣсь не принято въ расчетъ).

Второй томъ одновременно можетъ служить карманной книжкой для изслѣдованія насосныхъ установокъ.

Предисловіе переводчика.

Отсутствіе на русскомъ языкѣ полнаго руководства къ разсчету и построенію насосовъ и компрессоровъ и, съ другой стороны, настоятельная необходимость подобнаго руководства, какъ для учащихся, такъ и для практиковъ, побудили меня предложить читателямъ переводъ книги Хедера «Pumpen und Kompressoren». Обширность и обстоятельность предлагаемой книги Haeder'a исключила всякую надобность въ какихъ-либо прибавленіяхъ или дополненіяхъ къ ней, и мнѣ осталось только озаботиться о точности перевода книги, имя автора которой достаточно говорить за достоинство книги. Какъ предназначенная для практиковъ, книга не содержитъ въ себѣ излишнихъ теоретическихъ выкладокъ и сложныхъ математическихъ формулъ, а излагаетъ предметъ въ сжатой формѣ, при чемъ всѣ вычисленія поясняются практическими примѣрами, а для удобства вычисленія въ книгѣ приведено множество таблицъ, дающихъ численныя значенія различныхъ переменныхъ величинъ. Беру на себя смѣлость полагать, что книга, дополнивъ собой пробѣлъ въ русской технической литературѣ, окажетъ большую услугу нуждающимся въ ней лицамъ и займетъ въ литературѣ положеніе, соответствующее имени ея автора.

Д. Вороничъ.

Брянскъ.
Ноябрь 1902 г.

Поршневые насосы.

ВВЕДЕНИЕ.

Насосы служат для перемещения жидкостей, т. е. помощью этих машин жидкости всасываются и пережимаются въ другое произвольное мѣсто. При дѣйствіи насоса въ сущности различаютъ два процесса, а именно: процессъ *всасыванія* и процессъ *нагнетанія*.

Всасываніе происходитъ при содѣйствіи атмосфернаго воздуха слѣдующимъ образомъ: при движеніи поршня впередъ въ насосъ и всасывающей трубѣ образуется *разрѣженное пространство*. Давленіе внѣшней атмосферы, уравниваемое, какъ извѣстно, столбомъ воды высотой $A = 10,33$ метр. (см. фиг. 6—7), соответствующимъ нормальному барометрическому давленію въ 76 сантим. ртутнаго столба, *вдавливаетъ* воду въ насосъ черезъ всасывающую трубу. Такимъ образомъ, при самыхъ благоприятныхъ условіяхъ можно было-бы преодолѣть высоту всасыванія въ 10,33 метр. Но такъ какъ насосъ не можетъ образовать абсолютно безвоздушнаго пространства, то достигаемая въ насосѣ высота всасыванія будетъ обуславливаться давленіемъ атмосферы, соответствующимъ полученному разрѣженію, какъ напр:

при разрѣженіи въ 20% (или 0,8 абсолютн. атмосферы) $= 0,8$.

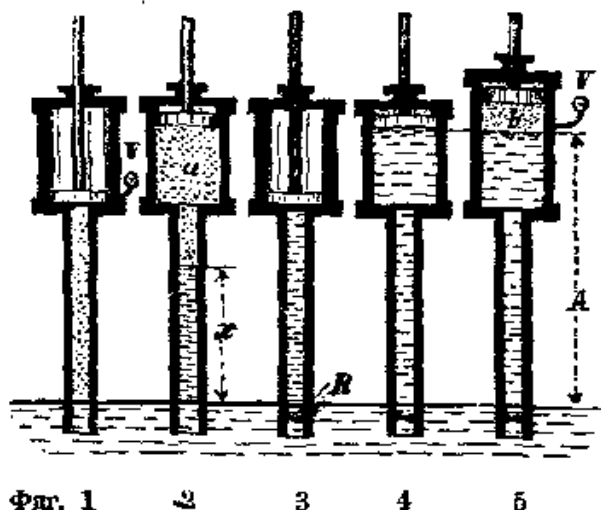
$10,33 = 8,26$ метр. водяного столба, теоретически возможная высота всасыванія будетъ $10,33 - 8,26 = 2,07$ метр.

Въ дѣйствительности подъ поршнемъ насоса образуется не безвоздушное, а только разрѣженное пространство. Затѣмъ всасывающій клапанъ обладаетъ извѣстнымъ мѣсомъ: верхняя поверхность клапана

больше нижней, и, наконец, вода должна поступать въ насосъ съ известной скоростью, величина которой опредѣляется тѣмъ условіемъ, чтобы вода постоянно находилась въ соприкосновеніи съ поршнемъ, не отрываясь отъ него.

Для уясненія себѣ вообще возможной высоты всасыванія можно руководствоваться слѣдующими соображеніями:

Фиг. 1 изображаетъ насосный цилиндръ, всасывающая труба котораго погружена въ воду. Поршень находится въ своемъ нижнемъ положеніи, и подъ нимъ еще не существуетъ разрѣженія (вакуума). Если мы перемѣстимъ поршень въ его высшее положеніе (фиг. 2), то въ пространствѣ подъ *a* вода подымется вверхъ, причемъ въ *a* образуется разрѣженное пространство. Высота поднятія воды во всасывающей трубѣ обуславливается объемомъ этой трубы.



Фиг. 1 2 3 4 5

Поршень и клапаны должны совершить столько ходовъ, пока воздухъ въ *a* разрѣдится настолько, чтобы вода могла свободно подняться по трубѣ. Наполнивъ затѣмъ всасывающую трубу водой (фиг. 3) и у нижняго конца ея поставимъ обратный клапанъ *R*, чтобы вода не могла вытечь изъ трубы; если мы теперь перемѣстимъ поршень въ наивысшее его положеніе (фиг. 4), то насосный цилиндръ наполнится водой до нижней грани поршня, а именно теоретически до высоты $A = 10,33$ метр., причемъ не приняты въ расчетъ сопротивленія. Такимъ образомъ, вакуумъ здѣсь также составитъ 76 сант. ртутнаго столба, соответствующаго водяному столбу высотой 10,33 метр. Если будемъ подымать поршень еще выше, нежели на фиг. 4,

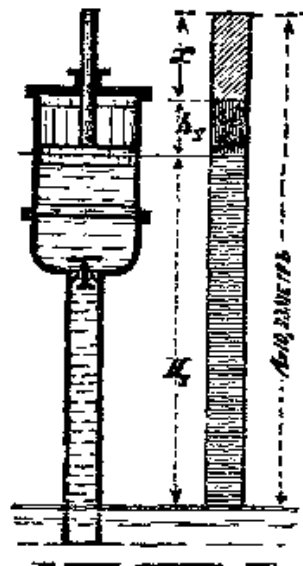
то вода уже не будетъ слѣдовать за нимъ (фиг. 5). Между поршнемъ и водянымъ столбомъ будетъ существовать разреженное, но не безвоздушное пространство, и водяной столбъ будетъ уравниваться давленіемъ вѣшной атмосферы. Но, вслѣдствіе сопротивленія отъ тренія и т. п., высота всасыванія не будетъ равна давленію атмосферы, а будетъ меньше его.

Поэтому для достиженія всасывающаго движенія воды по всасывающей трубѣ высота всасыванія (обозначенная на фиг. 6—7 черезъ H_s), вслѣдствіе упомянутыхъ сопротивленій, не должна превышать извѣстной величины. При этомъ ограниченіи высоты всасыванія предполагается, что насосъ расположенъ по возможности близко къ поднимаемой жидкости, такъ какъ вслѣдствіе различныхъ сопротивленій во всей насосной системѣ, частью преодоляемыхъ на счетъ высоты всасыванія, наибольшая теоретическая высота всасыванія *недостижима*. Поэтому при устройствѣ насоса необходимо въ точности впередъ опредѣлить величину этихъ сопротивленій, которая требуется преодолѣть (какъ это будетъ ниже пояснено примѣромъ) для предупрежденія всякихъ сомнѣній въ правильности дѣйствія насоса.

Прежде всего въ теченіе періода всасыванія появляется множество вредныхъ гидравлическихъ сопротивленій движению, происходящихъ вслѣдствіе сообщенія водяному столбу извѣстной скорости при поступленіи жидкости во всасывающую трубу (всасывающую корзину и проч.), при проходѣ жидкости черезъ всасывающій клапанъ, если онъ поставленъ на концѣ трубы, затѣмъ отъ тренія воды, измѣненій поперечныхъ сѣченій и направленія теченія воды по всасывающей трубѣ и насосному цилиндру, а также при проходѣ черезъ всасывающій клапанъ насоса.

Эти сопротивленія возрастаютъ съ квадратомъ скорости теченія воды, и для ихъ преодоленія требуется извѣстный столбъ жидкости.

Сопротивленія отъ сообщенія скорости водяному столбу, отъ тренія, измѣненія поперечнаго сѣченія и направленія движенія воды по всасывающей трубѣ въ началѣ хода поршня (гдѣ скорость имѣетъ наименьшую свою величину) равны нулю; въ срединѣ хода,



Фиг. 6 и 7.

вслѣдствіе возрастанія скорости послѣдняго, они достигаютъ *наибольшей* своей величины, въ предположеніи отсутствія воздушнаго котла.

При употребленіи достаточныхъ размѣровъ всасывающаго воздушнаго котла, имѣющаго цѣлью образованіе равномернаго притока жидкости, упомянутыя сопротивленія существенно не измѣняются. Сопротивленіе клапановъ почти постоянно одинаково.

Обозначимъ

черезъ H_s *высоту всасыванія* (измѣряемую отъ наинизшаго уровня воды до средняго положенія поршня),

A *высоту барометрическаго водяного столба* (10,33 метр.)

h_s *полную высоту сопротивленій* въ метрахъ; тогда высота остающагося столба воды, обозначенная на фиг. 6—7 черезъ x , должна быть больше нуля, т. е.

$$X > 0$$

$$\text{или} \quad X = A - (H_s + h_s) > 0.$$

Этотъ избытокъ водяного столба безусловно долженъ существовать, съ цѣлью предупрежденія остановки (разрыва водяного столба и пр.) и достиженія постоянного правильнаго дѣйствія насоса. Какъ будетъ указано на нижеприведенномъ примѣрѣ, сперва по мѣстнымъ условіямъ опредѣляютъ высоту всасыванія H_s , затѣмъ по заданнымъ размѣрамъ всасывающей трубы опредѣляютъ высоту, соотвѣтствующую сопротивленіямъ h_s , и, наконецъ, путемъ пробныхъ вычисленій провѣряютъ правильность условія $A - (H_s + h_s) > 0$ для различныхъ скоростей воды.

При всѣхъ вышеприведенныхъ соображеніяхъ предполагалась холодная вода, изъ которой, однако, выделяются газы, воздухъ и пары, образующіе обратное давленіе на нерабочую сторону поршня. Для преодоленія послѣдняго также требуется нѣкоторая часть высоты столба воды.

Этотъ нерабочій или обратный давленіемъ, которое обозначимъ черезъ h_e , въ разсмотрѣнномъ нами случаѣ можно пренебречь, такъ какъ при холодной водѣ упомянутыя обстоятельства обнаруживаются въ весьма слабой степени; при горячей-же водѣ, наоборотъ, упругость выделяющагося изъ нея пара возрастаетъ съ температурой. При примѣненіи насоса для горячей воды *теоретическая высота*

всасыванія $A = 10,33$ должна быть уменьшена на соответствующее температурѣ давленіе пара. Въ этомъ случаѣ высота всасыванія соответственно уменьшается, и даже дѣлается равной нулю, или получаетъ отрицательное значеніе, показывающее, что вода должна впускаться въ насосъ. При температурѣ 100°C , соответствующей давленію въ 1 атмосферу, всасываніе сильно затрудняется парообразованіемъ, и даже до такой степени, что всякое всасываніе дѣлается совершенно невозможнымъ. Здѣсь высота всасыванія даже будетъ меньше нуля, такъ какъ одно изъ сопротивленій уже достигаетъ высоты столба воды въ 10,33 метр. и развиваетъ обратное давленіе въ 1 атмосферу.

Эта высота въ 10,33 метра соответствуетъ такъ называемой старой атмосферѣ (76 сантим. ртутнаго столба).

Въ настоящее время при всѣхъ расчетахъ берется новая атмосфера, равная высотѣ столба воды въ 10 метр. Во всѣхъ послѣдующихъ здѣсь вычисленіяхъ принято, что

1 атмосфера равна давленію столба воды высотой въ 10 метр.,

и поэтому наибольшая теоретическая высота всасыванія принимается въ 10 метр. (Результатъ вычисленій здѣсь окажется на 0,33 метр. выгоднѣе).

Примѣръ. Пусть температура воды будетъ 60° . При ней наибольшая теоретическая высота всасыванія составляетъ 8 метр.

Дѣйствительно допускаемая высота всасыванія, вслѣдствіе различныхъ гидравлическихъ сопротивленій, здѣсь будетъ еще ниже.

Табл. 1.

Вліяніе температуры воды на теоретическую высоту всасыванія.

(Круглыя значенія).

Температура воды въ град. Цельсія.	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Обратное давленіе A_0 въ метрахъ.	0,13	0,18	0,23	0,31	0,42	0,73	1,2	2	3,2	4,7	6,8	10
Наибольшая теоретическая высота всасыванія въ метрахъ.	9,87	9,82	9,77	9,69	9,58	9,27	8,8	8	6,8	5,3	3,4	0

Колодезная вода (холодная вода) обыкновенно имѣетъ температуру около 10—15°C, но для такой воды опредѣляемое по таблицѣ I обратное давленіе можетъ не быть принято въ расчетъ, такъ какъ оно съ избыткомъ выравнивается тѣмъ, что мы принимаемъ давленіе атмосферы только въ 10 метр. водяного столба.

Въ питательныхъ насосахъ при подогревателяхъ иногда въ началѣ работы происходятъ удары отъ сильно нагрѣтой воды. Вслѣдствіе развивающагося пара насосъ всасываетъ слишкомъ мало воды, и при слѣдующемъ періодѣ нагнетанія нагнетательный клапанъ садится на свое сѣдло съ громкимъ стукомъ. Вначалѣ періода нагнетанія вышло сперва заполняетъ пустое насосное пространство, причѣмъ его скорость постоянно возрастаетъ, такъ что вода встрѣчаетъ клапанъ также съ значительной скоростью, подбрасывая его въ упоръ, ограничивающему ходъ клапана, вслѣдствіе чего происходятъ громкіе удары, которые при продолжительномъ дѣйствіи насоса постепенно уменьшаются, пропорціонально пониженію температуры воды и, наконецъ, совершенно прекращаются. Причина подобныхъ ударовъ состоитъ не въ ошибочной конструкціи насоса, а въ неправильномъ его расположеніи. (Для перемѣщенія кипящей воды насосъ долженъ быть расположенъ ниже уровня выкачиваемой воды настолько, чтобы наполненіе цилиндра происходило бы подъ дѣйствіемъ гидростатическаго давленія).

Для опредѣленія высоты всасыванія H_s въ метрахъ водяного столба для *другихъ жидкостей*, кромѣ воды, необходимо полученную для воды высоту всасыванія помножить на удѣльный вѣсъ данной жидкости, причѣмъ необходимо также принять во вниманіе температуру жидкости и оказываемое развивающимися изъ жидкости парами или газами сопротивленіе, по которому затѣмъ уже опредѣляется высота всасыванія.

Изъ сказаннаго видно, что при установкѣ насоса необходимо точно установить величину преодолеваемыхъ имъ сопротивленій, для обезпеченія правильной работы насоса.

До сихъ поръ мы рассматривали только *сопротивленія* во всасывающей трубѣ. Рассмотримъ теперь сопротивленія въ *нагнетательной или напорной трубѣ*. Эти сопротивленія происходятъ отъ сообщенія вѣстной скорости столбу нагнетаемой воды, отъ тренія жидкости о стѣнки цилиндра, отъ поступленія ея въ нагнетательную трубу и прохожденія черезъ нагнетательный клапанъ, отъ тренія и изгибленія воперечныхъ сѣченій и направленія нагнетательной трубы, отъ выхода воды изъ нагнетательной трубы, въ случаѣ снабженія ея сѣткой и проч. Если же у выхода нагнетательной трубы не имѣется

никакого суженія устья, то это послѣднее сопротивленіе равно нулю. Сопротивленія отъ сообщенія скорости водяному столбу, отъ тренія и отъ измѣненія поперечныхъ сѣченій и скорости теченій, подобно тому, какъ мы это указали для всасывающей трубы, при началѣ хода равны нулю, достигая наибольшей своей величины въ срединѣ хода. Въ случаѣ постановки воздушнаго котла эти сопротивленія дѣлаются приблизительно постоянными. Сопротивленіе нагнетательнаго клапана приблизительно постоянно.

ОТДѢЛЪ I.

а) Трубопроводы вообще.

Поперечное сѣченіе трубы и количество воды.

Для опредѣленія поперечнаго сѣченія трубы опредѣляютъ, по изложеннымъ въ слѣдующихъ главахъ правиламъ, наимыгоднѣйшую скорость воды, а по ней уже опредѣляютъ діаметръ трубы. Діаметры трубъ, конечно, принимаются въ круглыхъ числахъ, соответствующихъ такъ называемой *таблицѣ нормальныхъ размеровъ трубъ*. Для облегченія вычисленій служитъ приведенная здѣсь таблица 2.

Табл. 2. Количество воды въ литрахъ

въ секунду $Q = d^2 \frac{\pi}{4} \cdot v$ (d и v въ дециметрахъ).

Діам. трубы въ мм.	Скорость воды въ метр. въ секунду.									
	0,5	0,75	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,5	3
40	0,8	0,9	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	3,1	3,8
50	1,0	1,5	2,0	2,4	2,7	3,1	3,5	3,9	4,9	6,0
60	1,1	2,1	2,8	3,4	4,0	4,5	5,1	5,6	7,1	8,5
70	1,9	2,9	3,8	4,6	5,4	6,2	6,9	7,7	9,6	12
80	2,5	3,8	5,0	6,0	6,5	8,0	9,0	10	13	15
90	3,2	4,8	6,4	7,6	8,9	10	11	13	16	19
100	3,9	5,9	7,8	9,4	11	12	14	16	20	24
125	6,2	9,2	12	15	17	20	22	25	31	37
150	8,8	13	18	21	25	28	32	35	44	53
175	12	18	24	29	34	39	43	48	60	72
200	16	24	31	38	43	50	56	63	78	94
225	20	30	40	48	56	63	72	80	99	119
250	25	37	49	59	69	78	88	98	122	147
275	30	45	59	71	83	95	107	118	148	178
300	35	53	71	85	99	113	127	141	176	212
325	42	62	83	99	116	133	149	166	207	248
350	48	72	98	115	135	154	173	192	240	288
375	55	82	110	132	154	176	198	220	276	330
400	63	94	126	150	176	200	226	251	314	376
425	71	106	142	170	200	228	255	285	354	425
450	80	119	159	190	222	254	286	318	397	477
475	88	133	177	213	248	284	310	354	443	531
500	98	147	196	235	275	314	353	393	490	589
600	141	212	282	340	396	452	508	565	706	850
700	192	288	385	462	540	615	690	770	960	1152
800	251	376	503	603	703	803	903	1005	1250	1505
900	318	475	635	762	890	1020	1140	1270	1590	1900
1000	392	590	783	940	1100	1255	1410	1571	1960	2360