

ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

КАНАЛИЗАЦИИ ШОНА.

.....

Листьмо Гр. Инж. Вилліама Дональдсона.

ПЕРЕВОДЪ СЪ АНГЛІЙСКАГО

■

Пзданіе журнала „Техникъ“.

№ 6.

—❦—

МОСКВА.

Типо-Литографія „Техникъ“ у Мясницкихъ воря.

1887.

Гидропневматическая система канализации Шона.

Членам Комиссии Улучшения Кэмбриджа.

Мн. Гг. Въ настоящее время признано, что система канализации Шона превосходить въ санитарномъ отношеніи всякій другой способъ собиранія и отведенія сточныхъ водъ, но, тѣмъ не менѣе, экономичность пользования сжатымъ воздухомъ для подъема жидкостей весьма мало понята. Въ виду этого мы полагаемъ, что, прилагая при семъ копію съ письма по этому вопросу, адресованнаго въ „*Sanitary Engineer*“ въ Нью-Йоркъ, мы не навлечемъ на себя съ Вашей стороны обвиненія въ бесполезной навязчивости.

William Donaldson.

*M. A., M. Inst. C. E.
Shone & Ault.*

Лондонъ

Декабря 27-го 1884 г.

Гидропневматическая система канализации Шона.

Редактору „Sanitary Engineer“.

М. Г.,—Г. Самюэль М. Грэй, Городской Инженер города Провиденс въ докладной запискѣ, поданной Городскому Совѣту по вопросу о дренажѣ города, даетъ описаніе системы канализаціи Шона, въ которомъ принципы, лежащія въ основаніи послѣдней, точно и ясно опредѣлены. Тѣмъ не менѣе г. Грэй впалъ въ серьезную ошибку, принявъ во вниманіе точку зрѣнія и расчеты, указанные въ Январскомъ номерѣ Вашего журнала за 1881 годъ. Оцѣнка полезной работы сжатого воздуха, какъ причины подъема воды, сдѣлана въ упомянутой статьѣ не вполне тщательно и даетъ величину этой полезной работы на 50% меньше той, которая въ дѣйствительности достижима.

Въ виду того, что интересы г. Шона и уполномоченныхъ по его патентамъ, Гг. Hughes & Lancaster, равно какъ и интересы всего общества могутъ существенно пострадать, если эта ошибка не будетъ устранена, я, въ качествѣ личнаго друга г. Шона и призваннаго наравнѣ съ нимъ къ осуществленію проекта дренажа по его системѣ, почту себя весьма обязаннымъ, если Вы дадите мѣсто нижеслѣдующимъ разъясненіямъ и расчетамъ.

Численные результаты, данные въ указанной статьѣ въ таблицѣ о сжатіи воздуха до необходимой наибольшей степени упругости, а именно, опредѣленіе работы, необходимой для этого, равно какъ и для накачиванія его въ воздушный ресверъ,—сдѣланы совершенно вѣрно; ошибка же, въ которую Вы впали, заключается въ допущеніи, что вся эта работа цѣлкомъ дается начальнымъ двигателемъ, сжимающимъ воздухъ. Вы упустили изъ виду работу давленія, производимаго атмосферой на заднюю часть поршня. Въ случаѣ воздушнаго компрессора простаго дѣйствія это давленіе всегда равно по величинѣ атмосферному; въ машинахъ же двойнаго дѣйствія оно немного менѣе, т. е. свободный воздухъ долженъ пройти чрезъ впускные клапаны.

Въ хорошо устроенныхъ компрессорахъ, впрочемъ разница между давленіемъ атмосферы и давленіемъ внутри цилиндра совершенно ничтожна, такъ что, пренебрегая площадью сѣченія поршневого стержня, найдемъ работу атмосфернаго давленія равной $A V_1$, гдѣ A —давленіе атмосферы на единицу площади, а V_1 —объемъ свободного воздуха, сжимаемаго при одномъ ходѣ. При единицахъ, принятыхъ въ Вашей таблицѣ, $A V_1$ равно 10,334 klg. mt. на 1 куб. метрѣ свободного воздуха.

Если через R обозначить метр сжатия, то объем изотермически сжатого воздуха будеть

$$\frac{V_1}{R}$$

а абсолютное давление будеть $R \cdot A$. Поэтому работа проталкивания сжатого воздуха въ ресиверѣ равна

$$R A \times \frac{V_1}{R} = A V_1,$$

такъ, что полная работа, производимая двигателемъ при изотермическомъ сжатии, равна работѣ приведения воздуха къ максимальной абсолютной упругости. Эта работа выразится произведениемъ $A V_1 \log_e R$.

Что же касается до работы поднятія воды, то она будеть равна работѣ проталкивания сжатого воздуха въ ресиверѣ противъ *указываемаю* въ ресиверѣ давления и потому будеть

$$A (R-1) \frac{V_1}{R} = \frac{(R-1) A V_1}{R}$$

Такимъ образомъ при изотермическомъ сжатии отношеніе работы перваго двигателя къ работѣ поднятія воды представится дробью:

$$\frac{R \log_e R}{R-1}$$

если не принять во вниманіе потерю вслѣдствіе тренія и утечки.

И потому, обращаясь къ Вашему числовому разсчету, находимъ, что работа двигателя при одномъ ходѣ поршня сжимающаго адиабатически 1 куб. метръ воздуха до 3-хъ атмосферъ, равна не 22,846 klgmt, но

$$22.846 - 10,334 = 12,512 \text{ klgmt.}$$

я, при отсутствіи потерь тепла, объемъ не 0,33 куб. мет., но 0,459 куб. мет., что равно объему сжатого воздуха при максимальной температурѣ; работа же поднятія воды будеть

$$2 \times 10,334 \times 0,459 = 9486 \text{ klgmt.}$$

что составляетъ 75% работы двигателя. Если же воздухъ охлаждается до первоначальной температуры, работа поднятія воды будеть 6889 klgmt, что составитъ только 55% работы двигателя.

При изотермическомъ сжатии работа двигателя равна 11,364 klgmt., а проведение воды 6879 klgmt, т. е. 60,6% той же работы.

Я полагаю, можно съ увѣренностью допустить, что дѣйствительная работа поднятія воды, равно какъ и работа двигателя будутъ среднимъ изъ двухъ, указанныхъ выше: первая равна

$$\frac{75 + 60,6}{2} = 67,8\%$$

работы двигателя, не принимая въ соображеніе потерь отъ тренія и утечки; для машинъ самой лучшей конструкции необходимо прибавить на это обстоятельство 25% къ работѣ двигателя, такъ что мы можемъ смѣло разсчиты-

вать на производительность въ 54% для данной степени сжатія, что конечно болѣе лучаеюй при хорошихъ насосахъ.

Изъ моихъ собственныхъ вычисленій производительность эта опредѣлена въ 53% . Разница происходитъ отъ различія въ принятыхъ величинахъ для работы адиабатическаго сжатія.

Нижеслѣдующая таблица даетъ: отношенія работы двигателя къ работѣ поднятія воды, вычисленныя на вышеуказанныхъ основаніяхъ для различныхъ степеней сжатія отъ $\frac{1}{2}$ до 4-хъ атмосферъ:

Подъемъ въ футахъ.	Изотермическое сжатіе.			Адиабатич. сжатіе.			Средняя величина столбцовъ 3.	Средняя величина увеличивается на 25% .
	1	2	3	1	2	3		
$16\frac{1}{2}$	859	706	1,22	900	802	1,12	1,17	1,46
33	1467	1058	1,39	1500	1300	1,15	1,27	1,59
$49\frac{1}{2}$	1940	1270	1,53	2150	1657	1,30	1,42	1,77
66	2328	1411	1,65	2700	1970	1,37	1,51	1,89
$82\frac{1}{2}$	2650	1512	1,75	3200	2166	1,44	1,59	1,99
99	2938	1587	1,84	3620	2376	1,52	1,66	2,08

Столбецъ 1, даетъ работу двигателя въ фунтофутахъ (англ.) при сжатіи 1 куб. ф. свободнаго воздуха.

Столбецъ 2, работу въ фунто фут: по вѣсу поднимаемой воды.

Столбецъ 3, отношеніе величинъ столбца 1 къ величинамъ столбца 2.

При поднятіи на 100 ф. работа двигателя немного болѣе, чѣмъ вдвое превосходитъ работу самого поднятія воды, какъ это обыкновенно и принимается для большихъ насосовъ; такъ что для подъемовъ выше 70 ф. г. Шонъ вправѣ считать производительность своихъ эжекторовъ выше нежели получаемая при обыкновенныхъ насосахъ большаго калибра. Въ очень малыхъ насосахъ работа двигателя нерѣдко втрое превосходитъ работу поднятія воды. Однимъ изъ главныхъ источниковъ потери въ обыкновенныхъ насосахъ служитъ „обратный токъ“ воды чрезъ выпускной клапанъ обратно въ цилиндръ и чрезъ впускной клапанъ во всасывающую трубу въ началѣ главнаго и обратнаго ходовъ въ тотъ промежутокъ времени, покуда эти клапаны еще не закроются. При канализаціонныхъ насосахъ эта потеря рѣдко бываетъ менѣе 20% объема насоснаго цилиндра. Наполненіе и опоражниваніе эжекторовъ происходитъ приблизительно въ теченіе одной минуты. Въ этотъ промежутокъ времени обыкновенные насосы совершаютъ отъ 10 до 15 ходовъ. Принимая, что потеря отъ просачиванія при каждой операціи эжектора и каждомъ ходѣ насоса равны, находимъ, что въ случаѣ эжектора она будетъ равна отъ $\frac{1}{13}$ до $\frac{1}{10}$ той, которая имѣетъ мѣсто для большихъ насосовъ, или только отъ $1\frac{1}{2}\%$ до 2% содержимаго эжектора.

Не подлежитъ сомнѣнію, что большіе объемы воздуха выгоднѣе сжимать, т. е. работа, теряемая отъ тренія, въ большихъ компрессорахъ ме-

нѣе, чѣмъ въ малыхъ, но зато быстрота движенія клапановъ въ послѣднемъ случаѣ дѣлаетъ ничтожною потерю отъ просачиванія и, слѣдовательно въ этомъ отношеніи разницы въ производительности большихъ и малыхъ компрессоровъ не существуетъ. Во всякомъ случаѣ это обстоятельство при дренажѣ города даже и не можетъ быть принимаемо во вниманіе, въ виду того, что количество всего сжатого (до требуемаго давленія) воздуха непремѣнно должно быть равно объему всей сточной воды, которую приходится поднять.

Эжекторныя станціи, вездѣ, гдѣ онѣ только понадобятся, помѣщаются выше города: весь же необходимый воздухъ сжимается въ одномъ мѣстѣ. На нѣкоторыхъ станціяхъ эжекторы будутъ постоянно въ работѣ, на другихъ они могутъ опоражниваться только по одному разу въ часъ; но работаютъ ли они быстро или медленно.—производительность будетъ во всѣхъ случаяхъ одинакова,—результатъ, достижимый только въ гидропневматической системѣ канализаціи Шона.

Чѣмъ на большее число отдѣльныхъ подъемовъ будетъ подраздѣлена вся высота поднятія жидкости, тѣмъ экономичнѣе будетъ работа. Для поднятія воды на N атмосферъ, требуется объемъ свободнаго воздуха въ $N + 1$ разъ болѣе объема V_2 сточной воды, и работа поднятія всей жидкости, въ случаѣ одного только подъема будетъ при изотермическомъ сжатіи:

$$(N + 1) A V_2 \log_e (N + 1)$$

Если же жидкость дѣлаетъ N послѣдовательныхъ подъемовъ, то объемъ свободнаго воздуха, необходимаго для каждаго отдѣльнаго подъема будетъ $2 V_2$, а вся работа:

$$2 N A V_2 \log_e 2$$

Отношеніе работы при одномъ и при N подъемахъ представится дробью

$$\frac{(N + 1) \log_e (N + 1)}{2 N \log_e 2},$$

величина которой быстро возрастаетъ съ N . Для поясненія этого положимъ N равнымъ 4, тогда работа при одномъ подъемѣ въ 132 ф. будетъ:

$$5 A V_2 \log_e 5 = 8 A V_2$$

а при четырехъ подъемахъ

$$8 A V_2 \log_e 2 = 5.5 A V_2$$

Если прибавить сюда 25% по таблицѣ на потери отъ тренія и утечки, то индикаторная работа двигателя въ лошадиныхъ силахъ была бы $7 A V_2$ для четырехъ подъемовъ, что превышаетъ $4 A V_2$ —дѣйствительную работу поднятія воды на 75%. Такимъ образомъ, подраздѣляя подъемъ, можно поднимать сточныя воды на 132 ф. высоты съ экономіей почти равной той, которая получается при прямомъ накачиваніи. Подобно этому подраздѣляя подъемъ въ 200 ф. на 6 частей, найдемъ, что индикаторныхъ силъ потребуются приблизительно вдвое болѣе полезной работы.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ дренажа городовъ, гдѣ, напр., населенная площадь расположена по отлогости, и сточныя воды должны быть прове-

денъ на прибрѣтанный для очищенія участокъ, расположенный на болѣе высокомъ уровнѣ,—принципъ подраздѣленія подъема даетъ просто поразительную экономію. По обыкновенной системѣ всѣ сточныя воды должны собираться къ одной станціи, расположенной въ нижней точкѣ, откуда онѣ поднимаются въ одинъ приемъ къ болѣе высокой.

Для наглядности, примемъ подъемъ равнымъ 132 ф. По способу Шона вся площадь можетъ быть раздѣлена на $\frac{3}{4}$ пояса контурными линиями на равныхъ разстояніяхъ одна отъ другой по высотѣ. Каждый промежутокъ = 33 ф.; для такой высоты воздухъ долженъ быть сжатъ до 2-хъ атмосферъ.

Для простоты вычисленій полагаемъ, что объемы дневнаго стока во всѣхъ поясахъ одинаковы и равны V_2 куб. ф. и, что воздухъ сжимается изотермически.

Для опредѣленія потерь вслѣдствіе тренія, утечки и частью адиабатическаго сжатія, прибавляемъ къ дѣйствительной работѣ вмѣсто 25%, —50%; такимъ образомъ полная работа поднятія объема $4 V_2$ куб. ф. по способу Шона будетъ:

$$(8 + 6 + 4 + 2) AV_2 (\log_e 2) (1 + \frac{1}{2}) = 20,8 AV_2$$

При обыкновенной же системѣ выкачиванія, прибавивъ 75% на потери отъ тренія и т. д., найдемъ работу равной

$$4 A. 4 V_2. (1 + \frac{3}{4}) = 28 AV_2$$

т. е. на 40% болѣе, нежели при эжекторной системѣ. Слѣдовательно при подъемахъ до 150 ф. по системѣ Шона получается большая экономія, чѣмъ при обыкновенномъ способѣ накачиванія. Что же касается до дождевыхъ водъ, то для нихъ эжекторъ столь же хорошо примѣнимъ, какъ и обыкновенные насосы. Но въ такомъ случаѣ вопросъ о принятіи или непринятіи раздѣльной системы канализаціи не имѣетъ никакой связи съ вопросомъ относительно разумности принятія системы канализаціи Шона.

Различныя предохранительныя приспособленія, употребляемыя при обыкновенномъ способѣ, на случай налива дождевыхъ водъ, съ одинаковымъ удобствомъ могутъ быть примѣнимы и для эжекторной системы.

Необходимо отдать предпочтеніе двойной системѣ сточныхъ трубъ, т. е. въ санитарномъ отношеніи она представляется наилучшей и съ финансовой стороны болѣе выгодной какъ по первоначальной затратѣ, такъ и по эксплуатаціи, когда приходится прибѣгать къ выкачиванію, а также при систематической обработкѣ сточныхъ водъ. Тамъ, гдѣ примѣняется принципъ очищенія совмѣстно съ утилизаціей на поляхъ, постройка отдѣльной системы трубъ для сточныхъ водъ обезпечить успѣхъ въ финансовомъ отношеніи.

Примите и проч.

William Donaldson

M. A., M. Inst. C. E.

Лондонъ

17 Декабря 1884 г.

Дозволено Цензурою. Москва, 18 Декабря 1886 г.