

В. Ростовцев

**Утилизация малых падений
воды для целей осушения и
орошения земель**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62
ББК 30.6
В11

В. Ростовцев
В11 Утилизация малых падений воды для целей осушения и орошения земель / В.
Ростовцев – М.: Книга по Требованию, 2014. – 50 с.

ISBN 978-5-458-51298-5

Книга для сельского хозяйства, написана инженером-технологом, снабжена рисунками и чертежами. Издание доказывает важность вопроса об использовании силы.

ISBN 978-5-458-51298-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2014

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2014

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 первозданном 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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

зависимо отъ Монгольфье и безъ его разрѣшенія, былъ взятъ въ Англіи нѣкимъ Матвѣемъ Больтономъ, которому Монгольфье далъ для ознакомленія чертежи и описаніе прибора. По свидѣтельству Navier, англичане считаютъ изобрѣтателемъ гидравлическаго тарана Уайтхѣрса (M. Whitehurs), давшего еще въ 1775 г., въ *Phil. Trans.*, описаніе прибора, во всемъ подобнаго тарану.

Въ 1799 году изобрѣтеніе Монгольфье было представлено въ Парижскую Академію (докладъ Боссю и Кондорсе). Въ 1807 году Монгольфье началъ серію опытовъ съ цѣлью опредѣлить наиболѣе подходящіе размѣры для различныхъ частей тарана, но смерть помѣшала исполненію его намѣренія. Изъ лицъ, занимавшихся выясненіемъ теоріи дѣйствія тарановъ и устройствомъ ихъ, мы должны назвать кромѣ Монгольфье и Аргана слѣдующихъ ученыхъ: Вольтона, Эйтельвейна, Резаля, Германа, Базена, Жуковского, Бубенина, а также конструкторовъ тарана: Нета, Дюрозуа, Ришара, Урлауба и Трёмбовельскаго. Изъ самыхъ раннихъ работъ слѣдуетъ особенно отмѣтить труды Эйтельвейна, который произвелъ массу (1123) опытовъ съ тараномъ, обративъ вниманіе главнымъ образомъ на изслѣдованіе величины коэффиціента полезнаго дѣйствія тарана, достигавшей для небольшихъ напоровъ до 80%.

Поводомъ къ изобрѣтенію тарана послужило знакомое каждому изъ насъ явленіе: сотрясеніе водопроводной трубы при быстромъ закрываніи крана, изъ котораго вытекала вода. Это явленіе особенно замѣтно при большомъ напорѣ воды и слабоукрѣпленныхъ трубахъ (гидравлическій ударъ, ударъ воды).

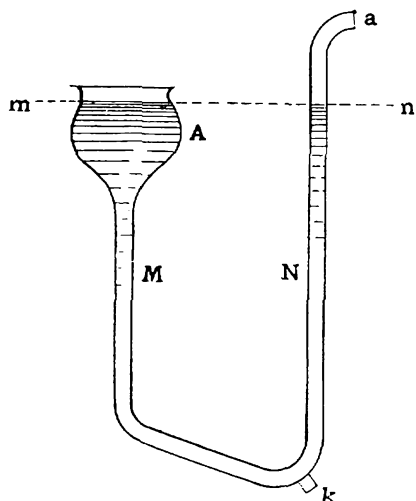
Монгольфье, первый задумавшійся надъ сущностью явленія, произвелъ рядъ опытовъ съ цѣлью измѣренія силы удара прерванной струи воды. При этихъ спытахъ имъ найдено было, что если на трубѣ передъ краномъ укрѣпить, напр., впаявъ въ магистраль, вертикальную трубку, то при закрываніи крана вода въ ней, раньше стоявшая на одномъ уровнѣ съ водою напорнаго резервуара, поднимается значительно выше этого уровня.

Это нагляднѣе производится на предложенномъ академикомъ А. М. Бутлеровымъ приборѣ, схематически изображенномъ на фиг. 1.

Здѣсь *M* и *N* — стеклянная изогнутая трубка съ отверстіемъ *k* для быстрого закрыванія приводящей воду трубки, *A* — резервуаръ съ водою, *a* — отверстіе на верху напорной трубки

При закрытомъ отверстіи *k* вода въ приборѣ устанавливается на одномъ и томъ же уровнѣ *m*. Если отверстіе открыть, то начинается истеченіе воды изъ прибора, причемъ частицы выходяще

изъ отверстія k воды будутъ обладать нѣкоторой, зависящей отъ высоты напора, скоростью. Если сразу закрыть пальцемъ отверстіе k , то находящаяся въ движеніи колонна воды производитъ нѣкѣтъ точекъ, распространяющихся какъ на стѣнки трубки, такъ



Фиг. 1.

и на столбъ жидкости, находящийся въ вѣтви N . Этотъ столбъ, придя въ движеніе, образуетъ какъ бы разрѣженное пространство въ нижней части трубки, въ которое устремляется вода изъ приводящей трубы, такъ что жидкость въ колѣнѣ U поднимается выше уровня m , обусловливаемого гидростатическимъ давленіемъ въ сообщающихся сосудахъ. Увеличивая высоту трубки M (напоръ) или діаметръ трубки, увеличиваемъ и массу работающей воды, а, слѣ-

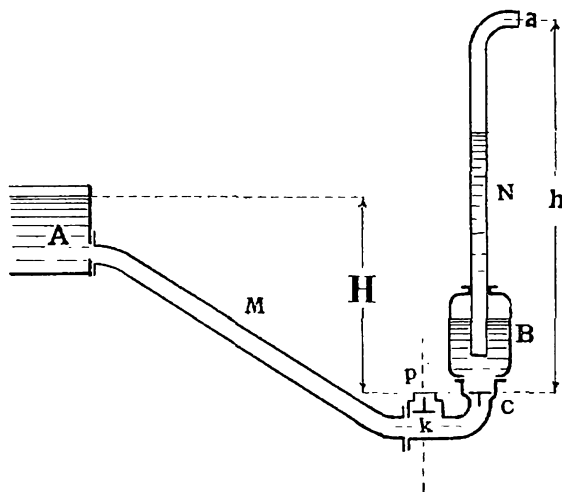
довательно, и ударъ въ моментъ прекращенія истеченія отъ закрыванія, въ зависимости отъ котораго увеличивается и высота поднятія воды.

Открывая вновь отверстіе k , мы возобновляемъ истеченіе жидкости изъ сосуда и вновь можемъ воспроизвести процессъ поднятія воды.

Перерывы истеченія, производимые на этомъ приборѣ пальцемъ, производятся въ таранѣ автоматически при помощи особаго клапана,

Слѣдующій схематическій чертежъ (фиг. 2) даетъ понятіе объ устройствѣ тарана. Отъ бассейна A идетъ *приводящая* труба M , по которой вода поступаетъ въ таранъ, въ нижней части котораго, составляющей какъ бы продолженіе приводящей трубы, имѣется два клапана. Одинъ изъ нихъ k открывается внизъ и носитъ названіе „*стопорнаго*“, „*отсѣчного*“, или по терминологіи проф. Бахметева „*разгоннаго*“, другой c , открывающійся вверхъ, можно назвать „*питательнымъ*“, „*наполняющимъ*“, или по терминологіи Бахметева „*рабочимъ*“.

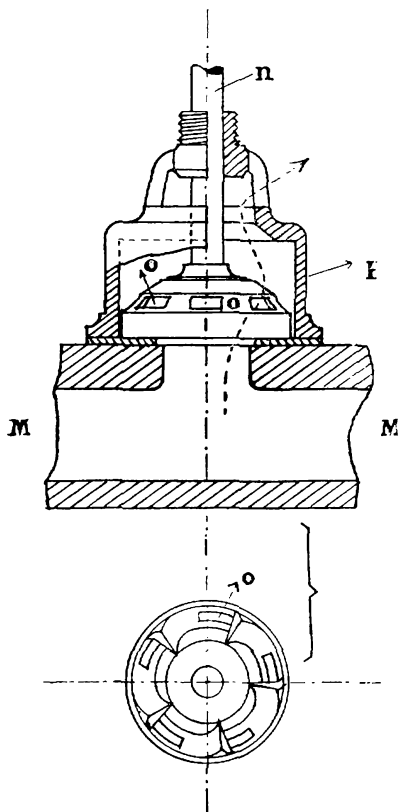
В—воздушный колпакъ, въ который входитъ отводящая труба λ , меньшаго, чѣмъ приводящая труба, діаметра. Клапанная коробка тарановъ имѣетъ обыкновенно сравнительно небольшіе размѣры, и оба клапана обычно находятся недалеко другъ отъ друга. Во время дѣйствія тарана *разгонный* клапанъ то пропускаетъ черезъ патрубокъ p притекающую воду, то замыкаетъ выходъ ей. Сообразно съ цѣлью, которой онъ служить, этотъ клапанъ имѣетъ особенное устройство (фиг. 3), существенно отличающагося отъ *рабочаго* клапана,



Фиг. 2.

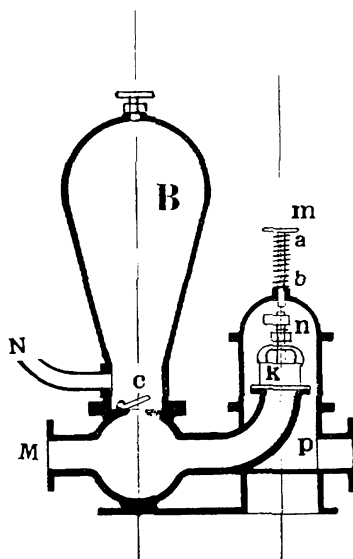
обычнаго устройства для открывающихся вверхъ клапановъ. Онъ состоитъ изъ захлопки, въ боковыхъ стѣнкахъ которой сдѣланы отверстія o, o , черезъ которые при опущенномъ положеніи захлопки проходитъ вода. При поднятомъ своемъ положеніи захлопка плотно прилегаетъ къ стѣнкамъ обточеннаго отверстія въ клапанной коробкѣ P . Въ центрѣ клапана укрѣпленъ направляющій стержень n , проходящій въ отверстіе дуги на верху клапанной коробки. Для равномернаго изнашиванія трущихся частей клапана и сѣдла его. клапанъ получаетъ вращательное движеніе вокругъ оси направляющаго стержня. Это достигается устройствомъ особыхъ скошенныхъ перегородокъ на нижней части клапана между отверстіями o, o . Ударяясь объ скошенные перегородки выбрасываемая черезъ отверстія вода вращаетъ клапанъ.

Величина хода или размаха разгонного клапана имѣетъ вліяніе на продуктивность работы клапана. Поэтому является необходимою регулировка размаха, что достигается закрѣпленіемъ особыхъ гаекъ и муфты, находящихся на концѣ стержня клапана.



Фиг. 3.

Разгонный клапанъ нѣкоторыхъ тарановъ дѣлается открытымъ, въ другихъ же помещается внутри особаго чугуннаго колпака, причемъ отработанная вода отводится прочь особою трубкою. Стержень клапана въ этомъ случаѣ выходитъ наружу



Фиг. 4.

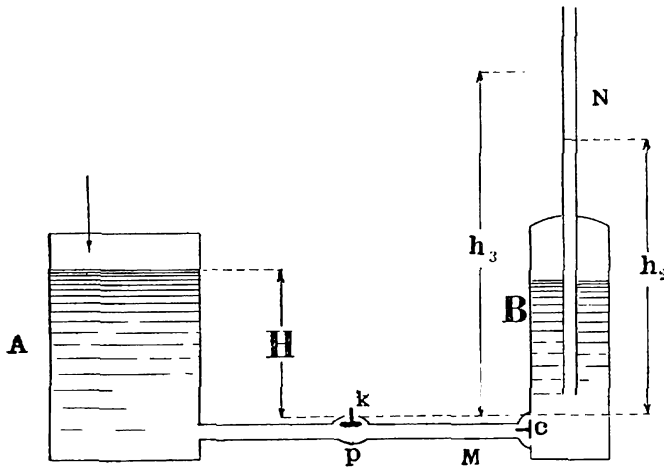
черезъ отверстіе въ крышкѣ колпака, а для регулировки размаховъ разгонного клапана и пуска тарана въ ходъ примѣняется особая спиральная пружина, надѣтая на стержень клапана.

Подобное описанному устройству имѣетъ таранъ, изображенный на фиг. 4, гдѣ пружина *ab* удерживаетъ въ приподнятомъ положеніи стержень *m*, нажавъ на который можно опустить разгонный клапанъ *k* со стержнемъ *n*.

Процессъ работы тарана.

Пользуясь фиг. 5, мы можемъ, по профессору Бахметеву, представить процессъ работы тарана въ слѣдующемъ видѣ.

1. Когда таранъ не работаетъ, *разгонный* клапанъ k давлениемъ воды на его нижнюю поверхность поддерживается закрытымъ. Вода въ колпакѣ B сжимаетъ заключенный въ немъ воздухъ и поднимается на нѣкоторую высоту h_2 . Закрытое положеніе клапана обязательно; если напоръ H недостаточенъ для того, чтобы



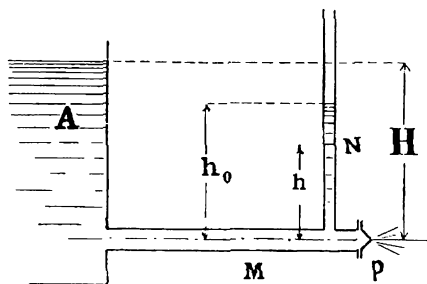
Фиг. 5.

поддерживать клапанъ k закрытымъ, то вѣсъ послѣдняго долженъ быть уменьшенъ.

Открытій нажатіемъ руки, или при помощи specialнаго рычага клапанъ k предоставляется самому себѣ, какъ только жидкость начнетъ вытекать. *Разгонный* клапанъ, который во время остановки прибора статическимъ давлениемъ H поддерживался въ закрытомъ положеніи, теперь, въ *періодъ разгона* жидкости въ трубопроводѣ (въ періодъ установленія истечения черезъ клапанъ), будетъ при извѣстныхъ соотношеніяхъ оставаться нѣкоторое время открытымъ. На самомъ дѣлѣ, истечение черезъ разгонный клапанъ тарана въ первое время послѣ открытія его представляетъ собою ни что иное, какъ случай истечения жидкости черезъ трубопроводъ съ насадкой (фиг. 6). Моментъ открытія клапана соответствуетъ

началу истечения, а в этот момент скорость истечения, а вместе с тем и давление h в клапанной коробке p , равно нулю.

По мере *разгона* (установления движения ¹⁾) скорость в трубе и давление h возрастают. Для того, чтобы таран мог работать, существенно необходимо, чтобы элементы клапана были таковы, чтобы последний закрывался раньше, чем достигнется установившееся движение. Другими



Фиг. 6.

словами нужно, чтобы клапан закрывался при некотором давлении в коробке h_1 , меньшем нормального давления h_0 (при установившемся течении). Если клапан излишне тяжел ($h_1 > h_0$), то, будучи раз открыт, он уже вовсе не закроется; жидкость из резервуара

А будет просто-напросто вытекать без пользы через *разгонный* клапан k , как через насадку.

Предположим, однако, что указанное условие, необходимое для работы тарана ($h_1 < h_0$), выполнено. Клапан, очевидно, остается открытым лишь до того момента, пока переменное давление h не достигнет величины h_1 . В этот момент клапан захлопывается, истечение через него прекращается. Вместе с тем заканчивается первый период работы клапана, период, который по терминологии профессора Бахметева называется периодом *разгона*, и начинается второй—*ударный* период“.

2. Заключение в трубопровод массы воды, приобретаемая за период разгона известную скорость, по закрытии разгонного клапана ударяется о неподвижную массу жидкости перед *рабочим* клапаном С. Под влиянием удара давление перед рабочим

¹⁾ Движением установившимся, в отличие от переменного движения жидкости, называется такое, при котором, независимо от времени, в любой точке пространства всякая движущаяся частица жидкости, попадая в эту точку, приобретает всегда одну и ту же скорость, плотность и давление. Иначе говоря, при таком движении всякой точке пространства соответствуют свои вполне определенные величины скорости, плотности и давления, остающиеся постоянными для всякой частицы жидкости, проходящей в эту точку.

клапаномъ быстро возрастаетъ (явленіе, носящее названіе *гидравлическаго удара*). Когда давленіе это сдѣлается больше противуправленія въ колпакѣ B (фиг. 5), т. е. достигнетъ нѣкоторой величины h_3 большей h_2 ($h_3 > h_2$), *рабочій* клапанъ откроется и заключенная въ трубопроводѣ вода начнетъ изливаться въ камеру B . Открытіемъ рабочаго клапана заканчивается второй *ударный* и начинается третій—*рабочій періодъ*.

3. Во все время послѣдняго періода, пока рабочій клапанъ остается открытымъ, заключенная въ трубопроводѣ вода находится подъ обратнымъ давленіемъ ($h_3 > H$); движеніе тѣмъ самымъ замедленное. Скорость въ трубопроводѣ, наибольшая въ моментъ открытія рабочаго клапана, съ теченіемъ времени уменьшается и, наконецъ, перейдя черезъ нуль, мѣняетъ направленіе: жидкость получаетъ стремленіе къ движенію назадъ.

Если бы рабочій клапанъ продолжалъ оставаться открытымъ, то жидкость стала бы перетекать изъ выкидной трубы въ питающій трубопроводъ. Но одновременно съ перемѣной направленія скорости перемѣнное давленіе h_3 передъ рабочимъ клапаномъ, уменьшаясь, дѣлается меньше давленія h_2 въ выкидной линіи; благодаря этому обстоятельству клапанъ c закрывается; *рабочій* періодъ оконченъ.

4. Однако давленіе h_3 въ концѣ водопровода передъ рабочимъ клапаномъ остается пока еще тѣмъ, какимъ оно было въ моментъ закрытія клапана, т. е. равнымъ (или чуть меньшимъ) h_2 . Такимъ образомъ заключенный въ выкидномъ трубопроводѣ столбъ жидкости, почти неподвижный или имѣющій нѣкоторую отрицательную скорость (въ направленіи отъ колпака B къ баку A), продолжаетъ находиться подъ обратнымъ давленіемъ. Этимъ вызывается „отхлываніе“ воды отъ рабочаго клапана къ резервуару A .

Въ результатъ этого отхлыванія въ концѣ „питающаго“ трубопровода, влѣво отъ рабочаго клапана c происходитъ пониженіе давленія, благодаря чему, при опредѣленныхъ соотношеніяхъ, *разгонный* клапанъ подъ дѣйствіемъ собственнаго вѣса и наружнаго давленія воздуха вновь открывается, вода начинаетъ снова истекать черезъ него и весь описанный выше процессъ возобновляется.

5. Такимъ образомъ работа тарапа состоитъ въ непрерывномъ повтореніи описанныхъ выше четырехъ періодовъ. Изъ нихъ сколько либудь продолжительны лишь первый и третій (*разгонный* и *рабочій*) періоды; наоборотъ, періоды *удара* и *отхлыванія*

очень коротки. Открытіе и закрытіе клапановъ происходитъ весьма быстро, почти мгновенно.

Само по себѣ все явленіе перехода нѣкотораго количества жидкости черезъ рабочій клапанъ изъ бака *A* въ напорный резервуаръ *B* происходитъ за счетъ кинетической энергіи, пріобрѣтенной заключающейся въ трубопроводѣ массой жидкости въ теченіе разгоннаго періода,

Въ моментъ быстрого закрытія разгоннаго клапана остановка воды и увеличеніе давленія происходятъ только у клапана. Остальная масса находится еще въ движеніи. Состояніе остановленной въ своемъ движеніи воды передается по ея массѣ по закону распространенія волнообразнаго движенія. Благодаря огромной скорости распространенія ударной волны (около 4200 фут. въ сек.) поднятіе давленія въ короткихъ трубахъ представляется происходящимъ вдоль всей трубы одновременно. Между тѣмъ ударная волна успѣетъ нѣсколько разъ, отражаясь отъ бассейна или магистрали, пробѣжать длину трубы раньше, чѣмъ откроется рабочій клапанъ. Когда же онъ откроется, ударное давленіе сравняется съ давленіемъ въ колпакѣ и держится все время, пока происходитъ втеканіе.

По наблюденіямъ профессора Н. Е. Жуковскаго гидравлическій ударъ распространяется вдоль водопроводной трубы съ постоянною скоростью, величина когорой не зависитъ замѣтно отъ силы удара. Эта скорость *v* зависитъ отъ вещества трубы и отъ отношенія толщины ея стѣнокъ къ діаметру трубы. Такъ какъ въ обыкновенныхъ чугунныхъ водопроводныхъ трубахъ упомянутое отношеніе нѣсколько уменьшается съ увеличеніемъ размѣровъ трубы, то скорость распространенія ударной волны для трубъ большихъ діаметровъ нѣсколько меньше (таблица I), чѣмъ для трубъ среднихъ діаметровъ. Для послѣднихъ (отъ 2 до 6") эта скорость около 600

Таблица I.	Діаметръ въ дюймахъ.	Толщина стѣнокъ.	Скорость <i>v</i> въ секунду, въ саж.
	2	10 $\frac{1}{32}$	632
	4	11 $\frac{1}{32}$	604
	6	13 $\frac{1}{32}$	588
	24	22 $\frac{1}{32}$	428

саж., а для большихъ діаметровъ (24")—около 430 саж. въ секунду.

Гидравлическій ударъ распространяется по водопроводной трубѣ съ одинаковою силою. Величина его пропорціональна потерянной при ударѣ скорости теченія воды и скорости распространенія ударной волны въ трубѣ. Для обыкновенныхъ чугунныхъ водопровод-

ныхъ трубъ средняго діаметра (отъ 2 до 6 дюймовъ) на каждый футъ потерянной скорости сила удара достигаетъ 4 атмосферъ, для трубы въ 24 дюйма—около 3 атмосферъ.

Для прекращенія дѣйствія тарана достаточно на нѣсколько мгновеній задержать стержень *разгоннаго* клапана въ его высшемъ положеніи. Вслѣдствіе давленія воды снизу клапанъ закроетъ выходъ водѣ, слѣдствіемъ чего будетъ остановка тарана.

Число ударовъ клапана тарана можетъ измѣняться въ предѣлахъ отъ 50 до 100 въ минуту. Чѣмъ рѣже удары, тѣмъ больше воды подаетъ таранъ. Въ таранахъ малаго размѣра при уменьшеніи хода разгоннаго клапана, по опытамъ Бубекина, можно достигнуть 400—500 ударовъ въ минуту (вмѣсто нормальныхъ 60—80). Такъ приборъ Бубекина, при ходѣ разгоннаго клапана въ $1\frac{1}{2}$ миллиметра, выкидывалъ всего нѣсколько капель воды, тогда какъ сильныя сотрясенія механизма свидѣтельствовали о большой силѣ гидравлическаго удара.

Несмотря на періодическую, толчками, подачу воды черезъ рабочій клапанъ, имѣется полная возможность достигнуть непрерывнаго, спокойнаго теченія воды по выкидной линіи. Последнее достигается примѣненіемъ воздушнаго колпака (напорной камеры *B* на фиг. 5).

Врывающаяся черезъ рабочій клапанъ вода раньше всего производитъ работу сжатія воздуха въ колпакѣ, а уже только потомъ работу передвиженія инертной массы воды въ выкидной линіи (черезъ посредство расширенія сжатого воздуха). Такимъ образомъ постоянное присутствіе достаточнаго количества воздуха въ колпакѣ является необходимымъ условіемъ для успѣшнаго дѣйствія тарана.

Однако, врывающаяся толчками въ воздушный колпакъ вода, во первыхъ, механически увлекаетъ съ собою въ выкидную линію частицы воздуха изъ колпака, а во вторыхъ, находясь подъ большимъ давленіемъ, обладаетъ повышенною растворительною способностью по отношенію къ воздуху. Этотъ механически увлеченный и растворенный воздухъ постепенно уходитъ изъ колпака по выкидной трубѣ. При продолжительной непрерывной работѣ тарана въ особенности при большой высотѣ нагнетанія, воздушный колпакъ можетъ совершенно заполниться водою, вслѣдствіе чего функционированіе тарана прекращается. Тараны малаго размѣра при истощеніи запаса воздуха не останавливаются, а перестаютъ по давать вверхъ воду.

О приближеніи момента заполненія колпака водою можно судить по ненормально сильнымъ ударамъ машины. Если таранъ снабженъ манометромъ, то при наполненіи колпака водою, стрѣлка сильно колеблется. Эти колебанія происходятъ около дѣленій манометра, выше дѣленія, соотвѣтствующаго давленію столба воды въ выкидной трубѣ съ прибавкою всѣхъ гидродинамическихъ потерь: отъ тренія, сжатія струи и т. п.

Повышеніе показаній манометра указываетъ также или на засореніе сѣти, или же на то, что не открытъ кранъ на выкидной линіи.

Явленіе заполненія воздушнаго колпака водою влечетъ за собою необходимость въ принятіи мѣръ къ устраненію его. Разрѣшеніемъ этого вопроса, естественно, были озабочены всѣ конструкторы тарановъ, владѣльцы ихъ, а также изслѣдователи дѣйствія ихъ. Для тарановъ малаго размѣра для устраненія воды по способу, предложенному еще Монгольфье, передъ разгоннымъ клапаномъ просверливается отверстіе діаметромъ около 1 мм. Черезъ него, въ періодъ обратнаго толчка по направленію отъ рабочаго клапана къ напорному резервуару, присасывается нѣкоторое количество воздуха, которымъ и пополняется занежъ его въ воздушномъ колпакѣ. Въ остальное время изъ этого отверстія бьетъ вода въ видѣ небольшого фонтанчика. Для улучшенія дѣйствія этого приспособленія было предложено ставить клапанъ-золотникъ. Однако, пополненіе воздуха этимъ путемъ не достигается. Пониженіе давленія ниже атмосфернаго у отверстія, правда, происходитъ, но отверстіе и клапанъ не насасываютъ воздуха въ трубу, такъ какъ, вслѣдствіе очень быстрыхъ чередованій повышенія и паденія давленія около отверстія, сейчасъ же выбрасываютъ воздухъ обратно. Всасываніе воздуха можетъ производиться также при помощи особаго клапана, находящагося въ трубкѣ, соединяющей низъ воздушнаго колпака съ особымъ колоколомъ надъ коробкою разгоннаго клапана и съ питающею трубою. Хорошіе результаты дѣйствія тарана настолько зависятъ отъ своевременнаго закрыванія разгоннаго клапана, что для большихъ машинъ Пирсолль (Pearsall) нашелъ выгоднымъ для закрыванія клапана устройство особой машины, приводимой въ движеніе сжатымъ воздухомъ изъ-подъ колокола.

Такой таранъ дѣйствуетъ совершенно плавно, даетъ большой коэффициентъ полезнаго дѣйствія и можетъ быть устроенъ большого размѣра. На томъ же принципѣ Пирсолломъ былъ устроенъ гидравлическій таранъ для полученія струи сжатого воздуха.