

ПРИБОРЫ

ДЛЯ НАБЛЮДЕНІЙ

НАДЪ ПУЛЬСИРУЮЩИМИ ИСТОЧНИКАМИ.

Кн. Б. Голицына.

29/64

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

ТИПОГРАФІЯ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.

Вас. Остр., 9 лин., № 12.

1912.

Приборы для наблюдений надъ пульсирующими источниками.

Князь В. В. Голицынъ.

Нѣкоторые минеральные, ювенильные источники обладаютъ замѣчательнымъ свойствомъ черезъ опредѣленные промежутки времени пульсировать. Въ эти моменты вода источника какъ-бы вскипаетъ, причемъ одновременно измѣняется, какъ давленіе столба жидкости въ каптажной трубѣ, такъ и дебитъ самого источника. При нормальномъ режимѣ источника эта пульсація обладаетъ замѣчательной правильностью.

Къ такимъ интермитирующимъ источникамъ относится, между прочимъ, извѣстный Екатерининскій источникъ въ Боржомѣ, надъ которымъ въ 1901—1902 годахъ производилъ систематическія изслѣдованія Мольденгауеръ¹⁾. Въ этомъ источникѣ промежутокъ времени между двумя послѣдовательными пульсаціями составляетъ около 8—10 минутъ (послѣ Ахаллакского землетрясенія 1901 года), причемъ измѣненіе давленія опредѣленнаго водяного столба достигало въ среднемъ, по наблюденіямъ Мольденгауера, около 50—60 миллиметровъ ртутнаго столба.

Иногда въ правильномъ, нормальномъ, пульсирующемъ режимѣ такихъ источниковъ наступаютъ извѣстныя нарушенія; правильная пульсація испытываетъ какія-то возмущенія, причемъ соотвѣтственно мѣняется и дебитъ источника. Это явленіе также было обстоятельно изслѣдовано Мольденгауеромъ²⁾. При этомъ обнаружилось, что эти нарушенія нормальнаго режима находятся, повидимому, въ нѣкоторой связи съ чисто сейсмическими явленіями, причемъ въ очень многихъ случаяхъ наблюдаемая

¹⁾ См. Fr. Moldenhauer. Seismische Einwirkungen auf den Charakter der Lebendthätigkeit intermittierender Quellen. Извѣстія Постоянной Центральной Сейсмической Комиссіи. Т. V, вып. 1, стр. 1.

²⁾ *И. с.*

Напечатано по распоряженію Императорской Академіи Наукъ.

Сентябрь 1912 г.

Центральный Секретарь, Академикъ С. Олденбургъ.

возмущения в жизни источника *предшествуют* землетрясениям. Это последнее обстоятельство, если оно только подтвердится последующими наблюдениями, имеет несомненно громадное практическое значение, так как на этом пути удастся быть может со временем выработать особый метод для предсказания землетрясений.

В виду важности исследований над пульсирующими источниками, Сейсмическая Комиссия при Императорской Академии Наук решила принять все зависящее от нее меры для организации систематических и правильных наблюдений, как над Екатерининским источником в Боржоме, так и над одним из Эссентукских источников Пятигорской минеральной группы.

В этом отношении Сейсмическая Комиссия встретила полное сочувствие и содействие со стороны Августейшего владельца Боржомского имения Великого Князя Николая Михайловича, который отпустил средства, как на полную реорганизацию сейсмической станции в Боржоме, так и на производство наблюдений над Екатерининским источником и на содержание постоянного наблюдателя, которому одновременно вверено и производство метеорологических наблюдений.

Что же касается организации наблюдений в Эссентуках, то по этому вопросу ведутся в настоящее время переговоры с Управлением Кавказскими минеральными водами и есть надежда, что в ближайшем будущем и этот вопрос разрешится в благоприятном смысле.

Наблюдения над источниками должны вестись в трех направлениях: 1) должен регулярно и непрерывно регистрироваться дебит источника, 2) должна регистрироваться температура воды источника, по возможности, недалеко от нижнего сгиба каптажной трубы, 3) должно измеряться давление, соответствующее определенному столбу воды источника, причем изменение этого давления и будет характеризовать собою самое явление пульсации источника.

Все эти наблюдения должны вестись непрерывно, при помощи самопишущих приборов.

Так как старинный прибор Мольденгауера является для поставленной, расширенной задачи не вполне пригодным, то при Физической Лаборатории Императорской Академии Наук было предпринято ряд исследований для выяснения тех типов приборов, которые лучше всего могли бы удовлетворить целям намеченных исследований. Два прибора, один для измерения дебита, а другой для измерения давления, были вновь сконструированы по моим указаниям механиком при Физической Лаборатории Академии Наук г-ом Мазингом.

Все приборы, предназначенные для исследования Екатерининского

источника, были систематически исследованы в Физической Лаборатории г-ом Вебером, вновь назначенным заведующим Боржомской сейсмической станцией, причем оказалось, что все приборы работают правильно и вполне удовлетворяют своей цели.

В настоящей статье я предполагаю дать краткое описание этих приборов и привести некоторые результаты произведенных с ними наблюдений.

Прибор для определения дебита.

Для определения дебита источника надо приделывать к его каптажной трубке отливную трубку и всю воду, протекающую через нее, пропускать через измерительный прибор. Для измерительных целей можно взять трубку и с небольшим сужением. Для правильного определения нормального дебита источника необходимо, чтобы вода из источника выливалась всюду исключительно только самотеком. Никакое *выкачивание* воды из каптажной трубы при помощи насосов никогда не должно быть допускаемо, так как такое выкачивание нарушает нормальный режим источника и может, в конце концов, ему повредить. Цинные минеральные источники требуют бережливого и осмотрительного с ними обращения.

Дебит источника можно характеризовать объемом воды, протекающим в единицу времени через единицу сечения. Возьмем за единицу времени 1 секунду, а за единицу сечения 1 квадратный сантиметр, дебит источника будет характеризоваться скоростью *u* движения воды вверх по каптажной трубке. Зная *u* и сечение каптажной трубы, всегда можно определить общий суточный или часовой дебит источника.

Весь вопрос сводится, таким образом, к определению скорости *u*.

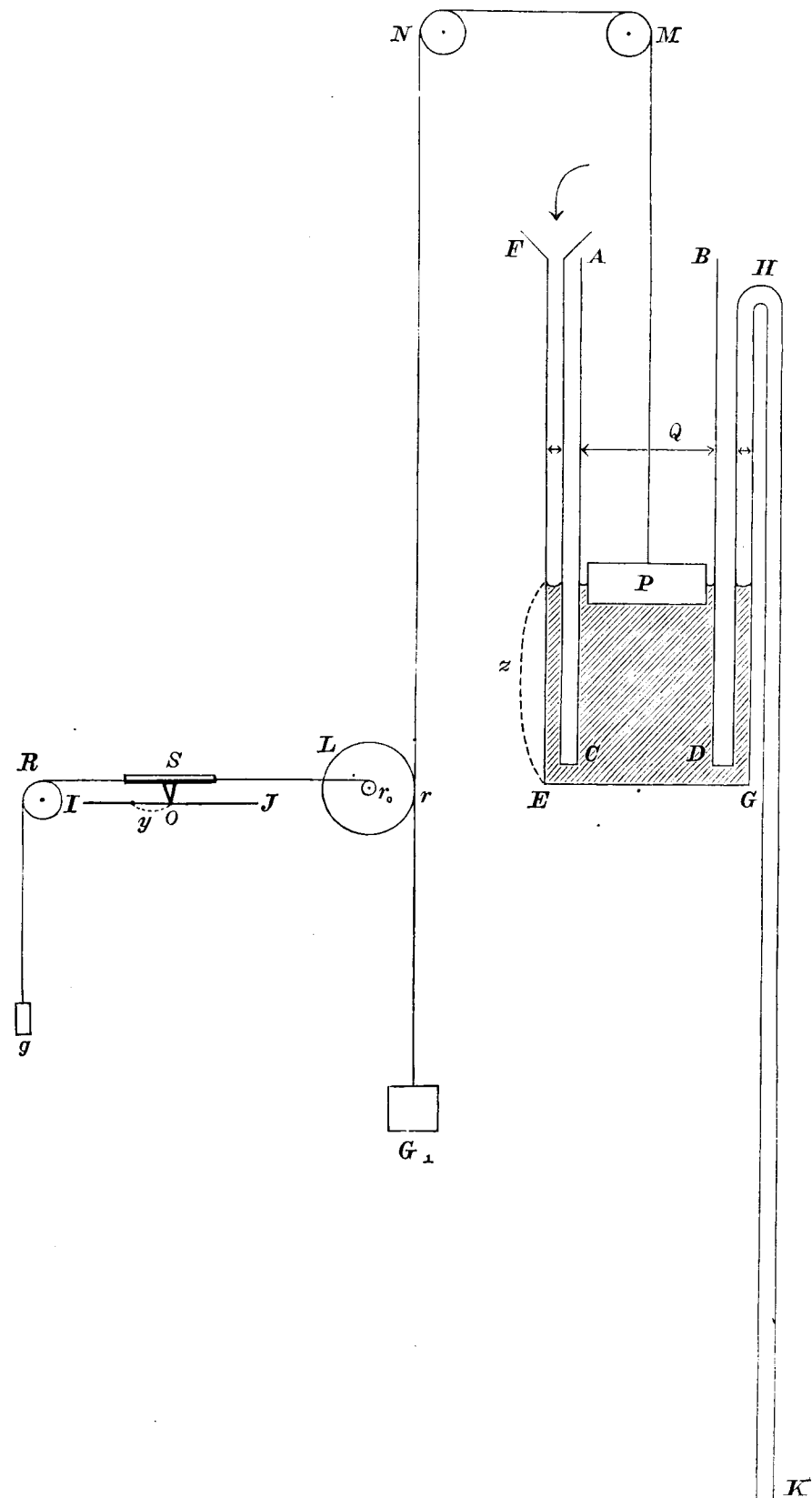
Обозначив сечение отводной трубки через *q*, а объем воды, вытекающей через эту трубку в элемент времени *dt*, через *dv*, будем иметь следующее основное соотношение:

$$dv = q u dt \dots \dots \dots (1)$$

Эту воду надо направить в измерительный прибор, представленный в схематическом виде на чертеже 1.

Прибор этот состоит из небольшого латунного, никелированного цилиндра *ACDB*, соединенного в нижней своей части с двумя боковыми, вертикальными трубками *EF* и *GHK*, из которых правая трубка стеклянная и изогнута в виде сифона. Нижний конец *K* правой трубки должен быть значительно, напр. на 1½ или 2 метра, ниже основания

Черт. 1.



цилиндра *EG*. Лѣвая трубка оканчивается воронкой *F*, куда втекает вода изъ отводной трубки отъ источника.

Въ цилиндрѣ находится поплавокъ *P*, который, по мѣрѣ наполненія цилиндра водой, подымается вверхъ. Когда уровень воды достигнетъ изгиба *H* правой трубки, то трубка *GHK* начинаетъ дѣйствовать какъ сифонъ и цилиндръ быстро опоражняется, причемъ поплавокъ *P* идетъ внизъ. Послѣ второго наполненія цилиндра произойдетъ вторичное его опоражниваніе и т. д.

Это наполненіе и послѣдующее опоражниваніе совершается чисто автоматическимъ путемъ. Чтобы лучше обезпечить сифонное дѣйствіе правой трубки, послѣдняя, въ верхней своей части у *H*, нѣсколько сужена.

Отъ середины поплавка *P* идетъ вверху тонкій шнуръ, который перекинутъ черезъ шкивы *M* и *N* и огибаеъ затѣмъ шкивъ *L*. На концѣ этого шнура подвѣшена гиря *G₁*, которая служитъ противовѣсомъ поплавку *P*. На оси шкива *L*, радиусъ котораго равенъ *r*, надѣтъ маленькій шкивъ съ радиусомъ *r₀*. Отношеніе радиусовъ обоихъ этихъ шкивовъ обозначимъ черезъ *k*:

$$k = \frac{r}{r_0} \dots \dots \dots (2)$$

На этотъ малый шкивъ намотанъ другой шнуръ, лѣвый конецъ котораго соединенъ съ регистрнымъ механизмомъ *S*.

Послѣдній состоитъ изъ небольшой рамы *S*, которая можетъ перемѣщаться вправо и влево параллельно самой себѣ вдоль двухъ небольшихъ направляющихъ стержней (не показанныхъ на чертежѣ). Къ рамѣ *S* прикрѣпленъ съ другой стороны другой шнуръ, перекинутый черезъ шкивъ *R* и оттянутый внизъ гирей *g*.

Къ рамѣ придѣлано пишущее перо *O*, заполненное чернилами, такого же устройства, какъ у метеорологическихъ самопишущихъ приборовъ. Перо это пишетъ на узкой бумажной лентѣ *IJ*, движущейся перпендикулярно къ направленію движенія пера. При помощи простого часового механизма лента эта сматывается съ одного валика и наматывается на другой, какъ у телеграфнаго аппарата Морзе. Другой неподвижный штифтъ (не показанный на чертежѣ) соединенъ съ хорошими контактными часами и каждую минуту даетъ отмѣтку времени.

Когда уровень воды въ цилиндрѣ подыметъ на величину *dz*, то пишущее перо подается вправо на величину *dy*, причемъ, въ силу соотношенія (2),

$$dy = \frac{1}{k} dz \dots \dots \dots (3)$$

Такимъ образомъ, при послѣдовательныхъ наполненіяхъ и опоражниваніяхъ цилиндра, на бумажной лентѣ *IJ* получается запись въ видѣ ломанной линіи $m_1 n_1 m_2 n_2 m_3 n_3 \dots$, какъ то представлено на черт. 2.

Отрѣзки $m_1 n_1$, $m_2 n_2$ и т. д. соотвѣтствуютъ процессу наполненія цилиндра водой, а отрѣзки $n_1 m_2$, $n_2 m_3$ и т. д. — процессу опоражниванія.

Если наполненіе и опоражниваніе цилиндра идетъ достаточно быстро, то можно принять, что всѣ эти отрѣзки прямыя.

Посмотримъ теперь, какимъ образомъ можно вывести изъ такой записи скорость *u* движенія воды вверхъ по каптажной трубѣ.

Обозначимъ черезъ *Q* общее сѣченіе приѣмнаго цилиндра съ двумя боковыми трубками и пусть въ элементъ времени *dt* уровень воды въ цилиндрѣ поднялся на величину *dz*.

Тогда, въ силу соотношенія (1), мы будемъ имѣть

$$dv = qu dt = Q dz$$

или

$$u = \frac{Q}{q} \cdot \frac{dz}{dt},$$

или, на основаніи формулы (3),

$$u = k \frac{Q}{q} \cdot \frac{dy}{dt}.$$

Скорость истеченія выражается обыкновенно въ сантиметрахъ въ секунду. Условившись измѣрять различныя ординаты *y* ломанной линіи $m_1 n_1 m_2 n_2 \dots$ въ миллиметрахъ, мы должны въ предыдущую формулу ввести множитель $\frac{1}{10}$.

Итакъ, мы будемъ имѣть

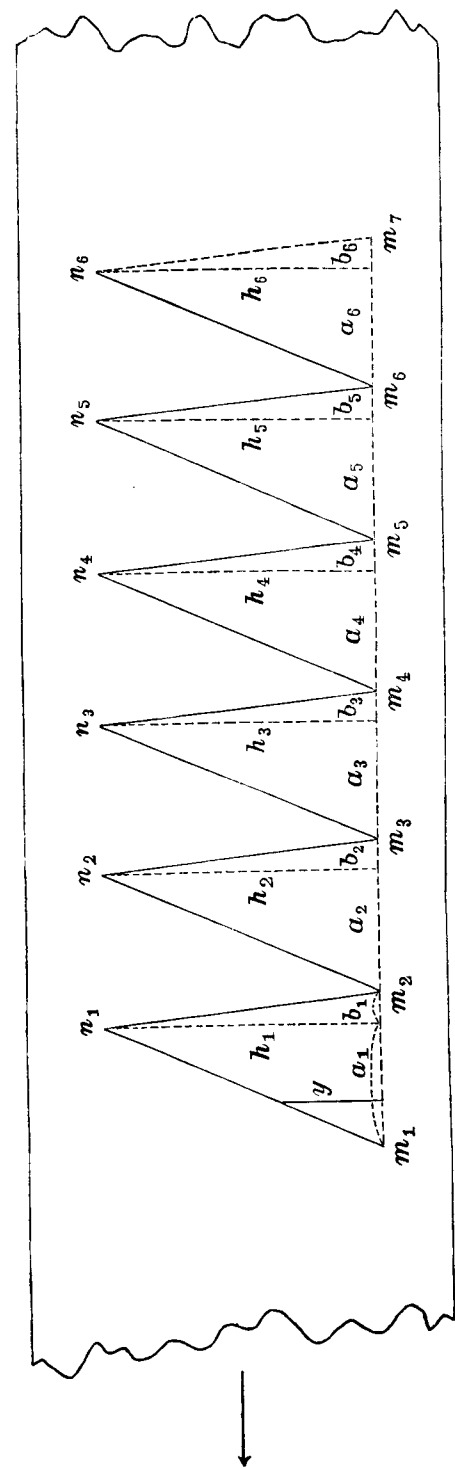
$$u = 0,1 \cdot k \cdot \frac{Q}{q} \cdot \frac{dy}{dt} \dots \dots \dots (4)$$

Обозначимъ черезъ λ число секундъ, соотвѣтствующихъ передвиженію ленты на 1 миллиметръ.

Возьмемъ далѣе какой нибудь одинъ изъ треугольниковъ, вычерченныхъ пишущимъ перомъ, напр. $m_s n_s m_{s+1}$, гдѣ *s* есть нѣкоторый порядковый номеръ, и обозначимъ разстояніе точки m_s до основанія перпендикуляра h_s черезъ a_s .

Тогда, очевидно,

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{h_s}{a_s}.$$



Черт. 2.

Подставляя эту величину въ формулу (4), мы получимъ

$$u_s = 0,1 \cdot k \cdot \frac{Q}{q} \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{h_s}{a_s}, \dots \dots \dots (5)$$

гдѣ u_s есть средняя скорость дебита источника за промежутокъ времени, заключенный между t_s и t_{s+1} . Можно считать эту скорость приуроченной къ среднему моменту $\frac{t_s + t_{s+1}}{2}$.

Обозначимъ далѣе разстояніе между сосѣдними къ мѣсту измѣренія минутными марками черезъ l_s . Эта величина также должна быть выражена въ миллиметрахъ.

Тогда

$$\lambda = \frac{60}{l_s}.$$

Введемъ теперь еще такое обозначеніе

$$A = \frac{1}{600} \cdot k \cdot \frac{Q}{q} \dots \dots \dots (6)$$

A есть нѣкоторая опредѣленная, характерная постоянная прибора.

Тогда, изъ формулы (5), мы получимъ окончательно

$$u_s = A \cdot l_s \cdot \frac{h_s}{a_s} \dots \dots \dots (7)$$

По этой формулѣ и можно вычислять дебитъ источника, причемъ величины l_s , h_s и a_s снимаются непосредственно съ діаграммы записи прибора.

Для опредѣленія этихъ величинъ очень удобно пользоваться стеклянной, миллиметровой, координатной сѣткой, въ родѣ тѣхъ, которыя употребляются для вымѣренія сейсмограммъ.

Чтобы убѣдиться въ правильномъ функционированіи вышеописаннаго прибора, послѣдній былъ подвергнутъ въ Физической Лабораторіи Академіи Наукъ всестороннему испытанію.

Для этой цѣли къ водопроводному крану была придѣлана раздвоенная трубка, какъ то показано на черт. 3.

Оба боковыя колѣна трубки имѣли одно и то-же сѣченіе q .

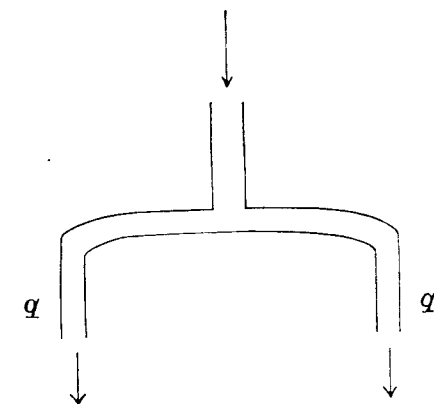
Черезъ лѣвое колѣно вода вытекала въ вышеописанный измѣрительный цилиндръ, а черезъ правое въ обыкновенный стеклянный, мѣрительный, цилиндрической сосудъ, раздѣленный на кубическіе сантиметры, и

опредѣлялся объемъ вытекшей черезъ правую трубку воды за время, соответствующее 6 полнымъ наполненіямъ и опоражниваніямъ цилиндра, т.-е. за промежутокъ времени, раздѣляющій точки m_1 и m_7 (см. черт. 2). Вода вытекала довольно равномерно, а потому можно было довольствоваться опредѣленіемъ средней скорости истеченія u .

Обозначивъ время продолженія опыта черезъ t' , а измѣренный объемъ воды, вытекшей черезъ правое колѣно трубки, черезъ v' , будемъ имѣть

$$u = \frac{v'}{q t'} \dots \dots \dots (8)$$

Черт. 3.



Подставивъ эту величину, вмѣсто u_s , въ формулу (7) и опредѣливъ

съ діаграммы среднія за 6 полныхъ наполненій величины l_s и $\frac{h_s}{a_s}$, можно было получить непосредственно изъ наблюденій величину коэффициента A и сравнить затѣмъ полученное, такимъ образомъ, число, съ величиной коэффициента A , полученной изъ непосредственнаго измѣренія отдѣльных частей прибора. Согласіе полученныхъ, такимъ образомъ, результатовъ даетъ хорошій критерій для сужденія о томъ, насколько правильно данный приборъ функционируетъ.

Скорость истеченія воды можно было регулировать при помощи особаго чувствительнаго крана съ дѣленіями.

Изъ многочисленныхъ полученныхъ г-омъ Веберомъ діаграммъ, я ограничусь здѣсь приведеніемъ результатовъ измѣреній только двухъ діаграммъ, изъ которыхъ одна соответствуетъ большой, а другая малой скорости истеченія.

Непосредственныя опредѣленія размѣровъ измѣрительнаго прибора (см. черт. 1) дали слѣдующіе результаты.

Внутренній діаметръ латуннаго цилиндра $74 \frac{1}{100}$ м.,

діаметръ каждой боковой трубки $8,7 \frac{1}{100}$ м.

Слѣдовательно,

$$Q = \frac{\pi}{4} [74^2 + 2 \times 8,7^2] \cdot \frac{1}{100} = 44,18 \square \text{ см.}$$

Діаметръ приводныхъ трубокъ (см. черт. 3) $4,1 \frac{1}{100}$ м.

Слѣдовательно,

$$q = \frac{\pi}{4} \cdot 4,1^2 \cdot \frac{1}{100} = 0,132 \text{ см.}$$

Диаметръ большого колеса шкива L 90 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$.
 » малаго » » » 9,1 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$.

Слѣдовательно,

$$k = \frac{90}{9,1} = 9,89.$$

Подставляя эти величины въ формулу (6), получимъ

$$A = 5,52.$$

Такова вычисленная величина A .

Первая измѣренная диаграмма соотвѣтствовала тому случаю, когда кранъ былъ поставленъ на 4-ое дѣленіе и скорость истеченія была большая.

Въ этомъ случаѣ общее количество воды, вытекшей за время 6 полныхъ наполненій и опоражниваній цилиндра, непосредственно измѣренное при помощи мѣрительнаго стакана, было

$$v' = 9412 \text{ куб. сант.}$$

Результаты же измѣренія соотвѣтствующей диаграммы приведены въ слѣдующей табличкѣ (см. также черт. 2).

s	Отсчеты		a	b	h	$\frac{h}{a}$
	m	n				
1	0,0 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$	7,7 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$	7,7 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$	0,5 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$	33,1 $\frac{\text{м}}{\text{м}}$	4,30
2	8,2	15,9	7,7	0,7	33,1	4,30
3	16,6	24,0	7,4	0,5	32,8	4,43
4	24,5	32,1	7,6	0,6	33,1	4,36
5	32,7	40,2	7,5	0,6	33,1	4,41
6	40,8	48,2	7,4	(0,6)	33,1	4,47
			$\Sigma a = 45,3$	$\Sigma b = 3,5$		ср. $\frac{h}{a} = 4,38$
			ср. $a = 7,55 \frac{\text{м}}{\text{м}}$, ср. $b = 0,58 \frac{\text{м}}{\text{м}}$.			

Средняя длина одной минуты $l = 4,57 \frac{\text{м}}{\text{м}}$.

Слѣдовательно, общая продолжительность опыта t' въ секундахъ опредѣлится по формулѣ

$$t' = \frac{60}{7} \cdot \Sigma(a + b) = \frac{60 \times 48,8}{4,57} = 640,7 \text{ сек.}$$

Средняя продолжительность одного наполненія

$$\tau = \frac{60}{7} \times 7,55 = 99,1 \text{ сек.}$$

Средняя продолжительность одного опоражниванія

$$\tau_1 = \frac{60}{7} \times 0,58 = 7,6 \text{ сек.}$$

Слѣдовательно,

$$\frac{\tau_1}{\tau} = 0,077.$$

Мы видимъ, такимъ образомъ, что самоопоражниваніе цилиндра происходитъ очень быстро.

Подставивъ найденныя значенія для q , v' и t' въ формулу (8), будемъ имѣть

$$u = \frac{9412}{0,132 \times 640,7} = 111,3 \text{ см./сек.}$$

Объемъ же воды, соотвѣтствующій времени одного полного наполненія и опоражниванія цилиндра, равенъ $\frac{9412}{6} = 1568,7$ куб. сант.

Изъ формулы (7) слѣдуетъ далѣе, что

$$A = \frac{u}{l \cdot \left(\frac{h}{a}\right)} \dots \dots \dots (9)$$

Подставивъ найденныя значенія для l , u и среднее значеніе $\frac{h}{a}$ въ эту формулу, будемъ имѣть

$$A = \frac{111,3}{4,57 \times 4,38} = 5,56.$$

Такова наблюденная величина A . Она чрезвычайно мало отличается отъ а priori вычисленной величины $A = 5,52$, изъ чего можно заключить, что приборъ работаетъ вполне правильно.

Другой примѣръ.

Кранъ поставленъ на 32-ое дѣленіе (малая скорость истеченія). Общее количество вытекшей воды

$$v' = 8873 \text{ куб. сант.}$$

Изъ измѣренія соотвѣтствующей діаграммы получились слѣдующія данныя:

№	Отсчеты		a	b	h	$\frac{h}{a}$
	m	n				
1	0,0 ^м / _м	15,2 ^м / _м	15,2 ^м / _м	0,2 ^м / _м	32,3 ^м / _м	2,13
2	15,4	30,8	15,4	0,4	32,3	2,10
3	31,2	46,5	15,3	0,5	32,3	2,11
4	47,0	61,6	14,6	0,6	32,3	2,21
5	62,2	76,9	14,7	0,6	32,3	2,20
6	77,5	92,0	14,5	0,6	32,3	2,23
7	92,6					
			$\Sigma a = 89,7$	$\Sigma b = 2,9$	$\text{ср. } \frac{h}{a} = 2,16$	
			$\text{ср. } a = 14,95,$	$\text{ср. } b = 0,48.$		

Средняя длина одной минуты $l = 4,66$ ^м/_м.

Общая продолжительность опыта

$$t' = \frac{60}{l} \cdot \Sigma(a + b) = \frac{60 \times 92,6}{4,66} = 1192,3 \text{ сек.}$$

Средняя продолжительность одного наполненія

$$\tau = \frac{60}{l} \times 14,95 = 192,5 \text{ сек.}$$

Средняя продолжительность одного опоражниванія

$$\tau_1 = \frac{60}{l} \times 0,48 = 6,2 \text{ сек.}$$

Слѣдовательно,

$$\frac{\tau_1}{\tau} = 0,032.$$

Средняя скорость истечения будетъ

$$u = \frac{8873}{0,132 \times 1192,3} = 56,4 \text{ см./сек.}$$

Объемъ воды, соотвѣтствующій времени одного полного наполненія и опоражниванія, равенъ $\frac{8873}{6} = 1478,8$ куб. сант.

Наблюденная величина коэффициента A будетъ (см. формулу (9))

$$A = \frac{56,4}{4,66 \times 2,16} = 5,60.$$

Это число мало отличается отъ предыдущаго.

Итакъ, въ предѣлахъ возможныхъ ошибокъ наблюдений и измѣреній, можно считать вычисленную и наблюдаемую величину коэффициента A практически одинаковой.

Предыдущія числа показываютъ намъ, что во второмъ случаѣ, при меньшей скорости истечения, опоражниваніе цилиндра идетъ быстрее (меньшая величина τ_1), что понятно и само собою, такъ какъ въ этомъ случаѣ, за время опоражниванія, притекаетъ вновь меньше воды въ цилиндръ.

Опыты г-на Вебера показали, такимъ образомъ, что вышеописанный приборъ для опредѣленія дебита работаетъ вполне правильно и хорошо самоопоражняется при очень широкихъ предѣлахъ для скорости истечения u .

При болѣе значительныхъ величинахъ u , когда вода въ цилиндрѣ подымается слишкомъ быстро, наступаетъ такой моментъ, когда сифонъ перестаетъ дѣйствовать какъ таковой, и быстрое самоопоражниваніе болѣе не происходитъ, а вода просто вытекаетъ непрерывно черезъ сифонную трубку.

То-же самое можетъ произойти и при очень малой скорости истечения u . Можно, однако, всегда подобрать сѣченіе цилиндра Q и сѣченіе q отводной трубки отъ источника такъ, чтобы данный измѣрительный приборъ работалъ всегда правильно въ предѣлахъ возможныхъ колебаній дебита даннаго источника.

Вышеописанный приборъ предполагается установить въ ближайшемъ будущемъ на Екатерининскомъ источникѣ въ Боржомѣ.

Приборъ для автоматическаго регистрированія температуры источника.

Для непрерывной регистраціи температуры источника можно съ успѣхомъ воспользоваться такъ называемымъ электрическимъ термографомъ. Эти приборы изготовляются фирмой Hartmann und Braun въ Франкфуртѣ на Майнѣ; они очень хорошо сконструированы и чрезвычайно удобны, когда требуется производить опредѣленіе температуры на разстояніи. Одинъ экземпляръ такого электрическаго термографа былъ приобретень Физической Лабораторіей Академіи Наукъ и подвергнутъ всестороннему испытанію.

Принципъ дѣйствія этого прибора заключается въ слѣдующемъ.

Термометрическимъ тѣломъ служитъ проволока, заключенная въ плоской металлической оправѣ. Всякое измѣненіе температуры вызываетъ измѣненіе сопротивленія этой проволоки, которое непосредственно и измѣняется. Такимъ образомъ, этому прибору легко можно придать любую степень чувствительности.

Отъ термометрическаго тѣла идутъ два провода съ сравнительно большимъ сѣченіемъ и ничтожнымъ сопротивленіемъ къ измѣрительному прибору, который можетъ быть установленъ въ значительномъ разстояніи отъ того мѣста, гдѣ опредѣляется температура.

Этотъ измѣрительный приборъ очень компактенъ и заключенъ въ особомъ ящикѣ, который просто ставится на столъ. Приборъ этотъ основанъ на принципѣ обыкновеннаго омметра; такимъ образомъ, показанія его до известной степени независимы отъ величины вводимой электродвижущей силы, которую слѣдуетъ всетаки брать приблизительно равной 2-мъ вольтамъ. Особая стрѣлка перемѣщается вдоль дугообразной горизонтальной шкалы, раздѣленной уже на градусы температуры, такъ что въ любой моментъ можно прямо отсчитать температуру на разстояніи.

Для автоматической регистраціи температуры существуетъ слѣдующее приспособленіе.

Къ стрѣлкѣ придѣланъ тонкій, вертикальный, серебряный штифтъ, подъ которымъ, при посредствѣ особаго часового механизма, протягивается бѣлая, бумажная лента, также раздѣленная на градусы.

Каждыя $\frac{3}{4}$ минуты, при помощи особаго электромагнита, этотъ штифтъ притягивается къ бумагѣ и оставляетъ на ней небольшой слѣдъ, который вполне отчетливо виденъ. Такъ какъ перемѣщеніе бумажной ленты идетъ сравнительно медленно, въ одну минуту на са. $\frac{1}{4}$ миллиметра, то на бумажной лентѣ получается тонкая пунктирная линія, наглядно иллюстрирующая ходъ температуры за истекшія сутки.

Въ этомъ приборѣ существуетъ иногда между показаніями стрѣлки на шкалѣ и штифта на бумагѣ небольшой параллаксъ, величину котораго всегда легко опредѣлить заранѣе.

Приборъ градуируется фирмой для опредѣленной длины соединительнаго провода, длину котораго надо сообщить заранѣе. Однако, можно и при градуированномъ уже приборѣ удлинить соединительную проволоку, но тогда надо уже самому опредѣлить поправку прибора, по сравненію съ показаніемъ вывѣреннаго ртутнаго термометра.

Эта поправка можетъ нѣсколько зависѣть отъ абсолютной величины измѣренной температуры, но въ этомъ случаѣ легко составить небольшую

табличку поправокъ, которыя и слѣдуетъ учитывать при обработкѣ записи прибора.

Шкала и бумажная лента раздѣлены на цѣлые градусы, такъ что интерполированіемъ легко получить десятые доли градуса.

Приборы эти строятся обыкновенно для значительнаго интервала температуры, напр., въ экземплярѣ Академіи Наукъ отъ -30° до $+50^{\circ}$ С., но фирма по желанію можетъ изготовить приборъ для узкаго температурнаго интервала, и тогда можно придать прибору гораздо бѣльшую чувствительность, допускающую опредѣленіе температуры съ точностью чуть не до $0,01^{\circ}$ С.

Для опредѣленія температуры источника, на известной глубинѣ слѣдуетъ взять за исходную температуру среднюю температуру источника на этой глубинѣ. Въ большинствѣ случаевъ достаточно будетъ взять отъ этой температуры по 4° въ обѣ стороны, такъ что общее протяженіе шкалы будетъ обнимать всего только 8° . Обыкновенно на глубинѣ, при нормальныхъ условіяхъ, температура источника не подвержена значительнымъ колебаніямъ, но, если такое явленіе имѣло бы мѣсто, то слѣдовало бы только соответственно раздвинуть предѣлы шкалы.

Испытанія, произведенныя съ этимъ приборомъ, наглядно показали всѣ его прекрасныя качества.

Благодаря малой массѣ термометрическаго тѣла, онъ обладаетъ очень малой термической инерціей и быстро воспринимаетъ температуру окружающей среды. Сравненіе его съ показаніями ртутнаго термометра, выставленнаго за окномъ, дали, напр., такіе результаты:

Время.	Ртутный термометръ.	Шкала термографа.
12 ч.	21,5 С.	21,5 С.
1½	21,6	21,6
2	21,7	21,7
3	21,9	21,9

Какъ видно, приборъ этотъ даетъ совершенно вѣрныя показанія.

Въ настоящее время приборъ этотъ установленъ въ метеорологической будкѣ при Пулковской центральной сейсмической станціи. Регистрирующая часть установлена въ лабораторіи при жиломъ домѣ въ разстояніи 44 метровъ отъ самой метеорологической будки. Приборъ этотъ работаетъ вполне исправно и представляетъ собою въ высшей степени удобный типъ термографа, такъ какъ отсчитываніе наружной температуры производится изъ помѣщенія самой лабораторіи.

Такие электрические термографы могли бы с успехом применяться и для определения колебаний температуры почвы на разных глубинах.

Для специальной цели исследования колебаний температуры Екатерининского источника в Боржоме, предполагается заказать более чувствительный термограф с меньшим интервалом температурной шкалы.

Прибор для определения давления водяного столба в источнике.

Для определения периодических изменений давления определенного столба воды в источнике, что и характеризует самое явление пульсации, можно воспользоваться прибором, показанным в схематическом виде на черт. 4.

От каптажной трубы *K*, на достаточной глубине, берется отводная трубка *L*, которая, при помощи резиновой пробки, соединяется с левым горлышком стеклянной склянки *F*. Эта трубка должна иметь наклон книзу, чтобы различные газовые пузырьки могли бы свободно подниматься в каптажную трубу, а не попадали бы в самую склянку.

В среднем, более широком горлышке склянки *F* вставляется, также при помощи резиновой пробки, стеклянная трубка *MN*, в которой протянуты, в расстоянии около 5 м друг от друга, две никелевые проволоки. Эти проволоки оканчиваются наверху у двух зажимов *A* и *B*, прикрепленных к эбонитовому колпачку, прикрывающему, по отнюдь не герметически, сверху стеклянную трубку *MN*. Внизу около *C* и *D* каждая проволока соединена с небольшой спиральной пружиной; таким образом, проволоки находятся всегда в натянутом положении.

В правое горлышко склянки *F* вставлена стеклянная трубка *E* с краном *H*.

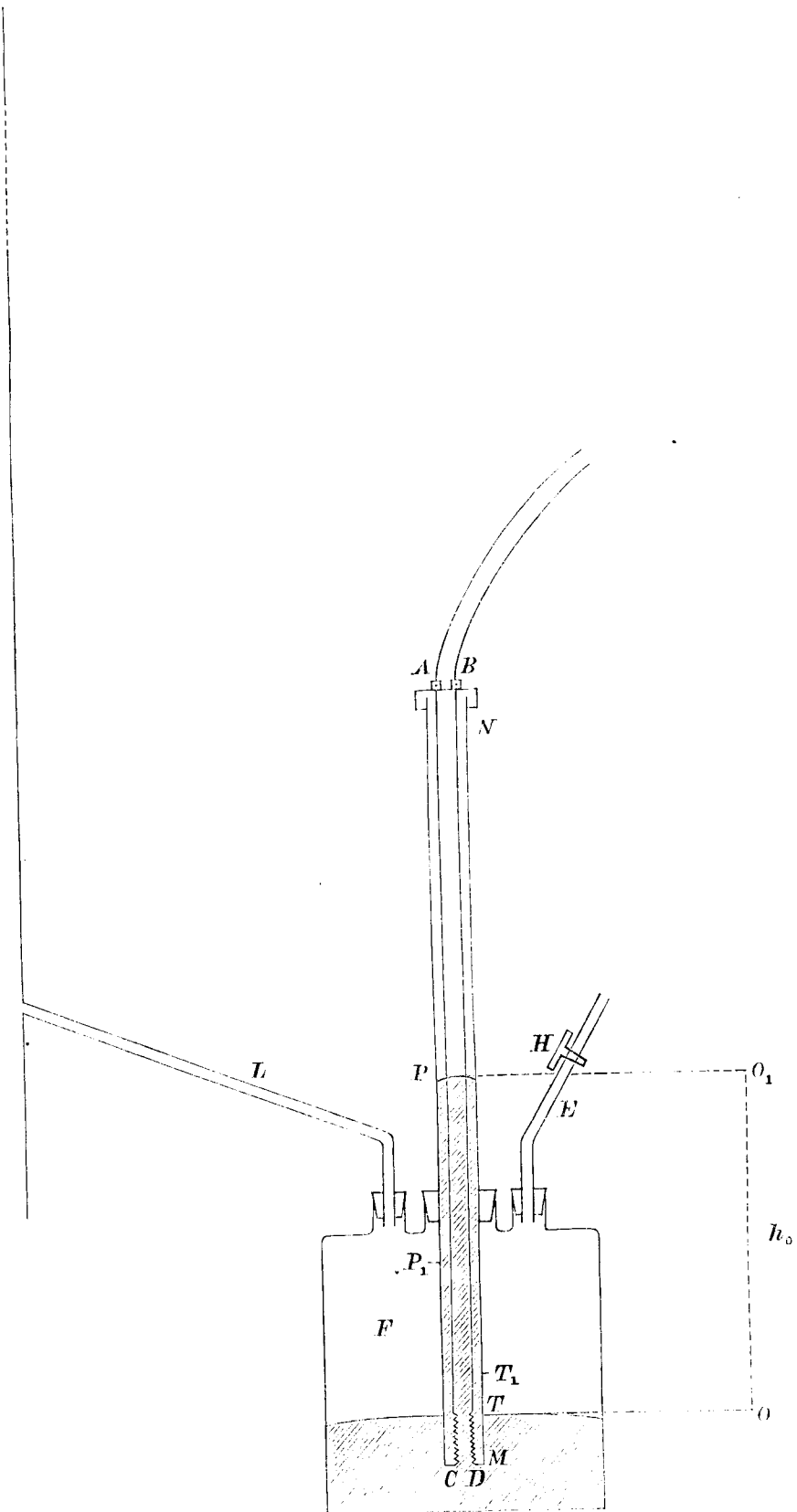
На дно склянки *F* наливается в достаточном количестве чистая ртуть.

При соединении склянки с каптажной трубой все свободное пространство над уровнем ртути в *F* заполняется водой. При наполнении склянки кран *H* открывают для того, чтобы выпустить из прибора весь воздух и посторонние частицы газа, после чего кран *H* закрывают.

Давлением столба воды ртуть вгонится во внутреннюю трубку *MN* до определенного уровня *P*, соответствующего нормальному давлению воды в каптажной трубе.

Для правильных наблюдений над пульсацией источника, надо чтобы источник имел бы в своей верхней части свободный слив, как то иметь, напр., место в Екатерининском источнике в Боржоме. Тогда

K



верхній уровень воды въ каптажной трубкѣ будетъ имѣть всегда вполнѣ определенное и неизмѣнное положеніе.

Тогда разность h_0 уровней ртути P и T , въ узкой трубкѣ и въ склянкѣ F , дастъ намъ давленіе p_0 столба воды отъ верхняго сръза каптажной трубы до нѣкотораго определеннаго уровня TO , принимаемаго нами за нормальный. Само собою разумѣется, что величину h_0 надо приводить всегда къ нулю градусовъ Цельзія.

Въ дальнѣйшемъ мы будемъ предполагать, что эти приведенія всегда сдѣланы.

Тогда

$$p_0 = h_0 \dots \dots \dots (10)$$

Для избѣжанія того, чтобы, отъ повышеннаго давленія въ склянкѣ, пробки не были-бы выдавлены наружу, на послѣднія можно надѣть планку съ тремя отверстиями и скрѣпить ее затѣмъ съ самой склянкой.

Длину трубки L регулируютъ по желанію, чтобы можно было установить весь приборъ въ удобномъ для наблюденій мѣстѣ.

Благодаря тому, что эбонитовый колпачекъ не прикрываетъ вполнѣ плотно трубку MN , надъ ртутью около P устанавливается всегда наружное атмосферное давленіе. При желаніи можно черезъ этотъ колпачекъ просверлить небольшое отверстіе.

Въ описанномъ приборѣ измѣреніе колебаній давленія воды въ источникѣ основано на измѣреніи суммы сопротивленій никелевыхъ проволокъ отъ зажимовъ A и B до уровня ртути P .

Для этой цѣли можно воспользоваться обыкновеннымъ мостикомъ Wheatstone'a съ чувствительнымъ аперіодическимъ гальванометромъ системы Derrez-d'Arsonval'я.

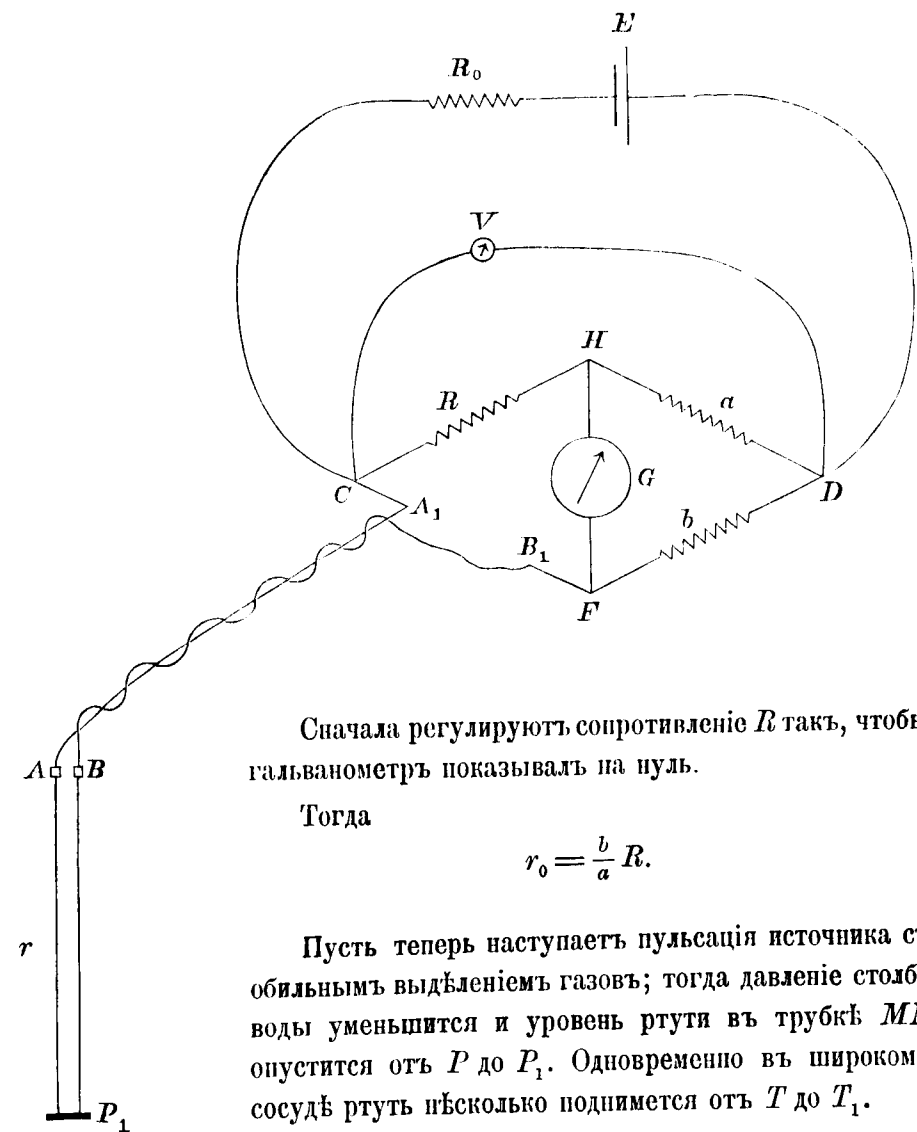
Отъ A и B идутъ къ мостику двѣ толстыя, гибкія проволоки, тщательно перекрученныя одна на другую для избѣжанія всякихъ постороннихъ индукціонныхъ вліяній.

Схема измѣрительной части прибора представлена на слѣдующемъ черт. 5.

a и b суть сопротивленія двухъ плечъ мостика; ихъ можно взять и равными между собою; R перемѣнное сопротивленіе отъ какого-нибудь реостата; G чувствительный гальванометръ; R_0 добавочное большое сопротивление для ослабленія и регулированія силы тока въ вѣтвяхъ мостика, а E какой-нибудь элементъ, напр., элементъ Даніеля.

Сопротивленіе никелевыхъ проволокъ APB , при нормальномъ давленіи въ источникѣ, пусть будетъ r_0 . Это сопротивленіе вводится въ четвертую вѣтвь мостика между A_1 и B_1 .

Черт. 5.



Сначала регулируютъ сопротивленіе R такъ, чтобы гальванометръ показывалъ на нуль.

Тогда

$$r_0 = \frac{b}{a} R.$$

Пусть теперь наступаетъ пульсація источника съ обильнымъ выдѣленіемъ газовъ; тогда давленіе столба воды уменьшится и уровень ртути въ трубкѣ MN опустится отъ P до P_1 . Одновременно въ широкомъ сосудѣ ртуть нѣсколько поднимется отъ T до T_1 .

Обозначимъ черезъ s пониженіе ртути въ узкой

трубкѣ:

$$PP_1 = s.$$

Если q есть внутреннее сѣченіе трубки MN , а Q величина поверхности ртути въ склянкѣ F , то въ послѣдней ртуть при этомъ поднимется на величину

$$s_1 = \frac{q}{Q} \cdot s.$$

Такимъ образомъ, новое давленіе столба воды отъ верхняго сръза

каптажной трубы до уровня T_1 будетъ

$$h_0 - (s + s_1) = h_0 - s \left(1 + \frac{q}{Q} \right).$$

Но, такъ какъ мы должны всегда приурочивать давленіе въ источникѣ къ *опредѣленному* столбу воды, а именно отъ верхняго сръза каптажной трубы до *нормального* уровня TO , то къ предыдущему выраженію надо еще присоединить небольшую поправку $s_1 \cdot \frac{1}{13,6}$.

Такимъ образомъ, новое давленіе p того-же столба воды представится въ слѣдующемъ видѣ:

$$p = h_0 - s \left(1 + \frac{q}{Q} \right) + s \cdot \frac{q}{Q} \cdot \frac{1}{13,6}$$

или, въ силу соотношенія (10),

$$p = p_0 - s \left\{ 1 + \frac{q}{Q} \left(1 - \frac{1}{13,6} \right) \right\} \dots \dots \dots (11)$$

Обозначивъ черезъ ρ сопротивленіе единицы длины ($1 \frac{m}{m}$) никелевой проволоки, легко видѣть, что новое сопротивленіе этихъ проволокъ будетъ

$$r = r_0 + 2s\rho \dots \dots \dots (12)$$

Когда $r = r_0$, гальванометръ по предположенію показываетъ на нуль. Оставляя сопротивленіе R въ мостикѣ неизмѣннымъ, гальванометръ отклонится теперь на нѣкоторый уголъ θ , который можно всегда измѣрить по трубѣ со шкалой.

Слѣдовательно, мы можемъ положить

$$r - r_0 = k\theta, \dots \dots \dots (13)$$

гдѣ k есть нѣкоторый множитель пропорціональности, который можетъ быть всегда легко опредѣленъ изъ опыта.

Изъ соотношеній (12) и (13) слѣдуетъ, что

$$s = \frac{r - r_0}{2\rho} = \frac{1}{2} \frac{k}{\rho} \theta.$$

Подставляя эту величину въ формулу (11), будемъ имѣть

$$p = p_0 - \frac{1}{2} \frac{k}{\rho} \left\{ 1 + \frac{q}{Q} \left(1 - \frac{1}{13,6} \right) \right\} \cdot \theta \dots \dots \dots (14)$$

Для непрерывной регистраціи измѣненій давленія въ источникѣ можно воспользоваться обыкновеннымъ оптическимъ методомъ регистраціи, какъ при регистраціи движенія сейсмографовъ.

Свѣтовой лучъ отъ источника свѣта, въ видѣ узкой свѣтлой щели, падаетъ на зеркальце гальванометра и, отражаясь отъ него, падаетъ нормально на поверхность цилиндра регистрирнаго аппарата, обтянутаго свѣточувствительной фотографической бумагой. Чечевица, съ подходящимъ фокуснымъ разстояніемъ, поставленная *передъ* зеркальцемъ гальванометра, до паденія на него свѣтовыхъ лучей, концентрируетъ лучи на поверхности регистрирнаго вала.

Другая, горизонтальная, короткофокусная, цилиндрическая чечевица, поставленная *передъ* самымъ регистрирнымъ валомъ, собираетъ всѣ лучи въ одну свѣтовую точку.

Обозначивъ черезъ A разстояніе зеркальца гальванометра до поверхности регистрирнаго вала (въ направленіи нормально падающаго луча), а черезъ y уклоненіе свѣтовой точки на барабанѣ отъ положенія равновѣсія, соответствующее углу θ поворота гальванометра, будемъ имѣть

$$\theta = \frac{y}{2A}.$$

Подставивъ эту величину въ формулу (14) и обозначивъ постоянный коэффициентъ *передъ* y одной буквой Γ :

$$\Gamma = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{k}{\rho} \left[1 + \frac{q}{Q} \left\{ 1 - \frac{1}{13,6} \right\} \right], \dots \dots \dots (15)$$

мы получимъ, окончательно,

$$p = p_0 - \Gamma \cdot y \dots \dots \dots (16)$$

Такимъ образомъ, зависимость между $p - p_0$ и y будетъ простая, линейная.

Численное значеніе коэффициента Γ легко получить прямо изъ опыта, отдѣливъ трубку L (см. черт. 4) отъ каптажной трубы и производя на поверхность ртути въ склянкѣ F опредѣленное давленіе, измѣряемое манометромъ.

Регистрирную часть прибора для измѣренія давленія можно установить въ любомъ разстояніи отъ источника, но непременно въ темномъ помѣщеніи, имѣя въ виду фотографическую регистрацію.

Отмѣтки времени на регистрирномъ валѣ достигаются проще всего при помощи маленькой шпирмочки съ электромагнитомъ, соединеннымъ съ хорошими контактными часами. Каждую минуту замыкается контактъ и шпирмочка притягивается электромагнитомъ и перехватываетъ, въ теченіе одной или двухъ секундъ, свѣтовой пучекъ лучей.

Спротивленія проволокъ a , b и R , входящихъ въ составъ мостика, дѣлаются изъ проволоки съ нулевымъ температурнымъ коэффициентомъ, а потому о постоянствѣ температуры въ помѣщеніи, гдѣ установлена регистрирующая часть прибора, особенно заботиться не приходится.

Другое дѣло съ никелевыми проволоками.

Ихъ сопротивленіе зависитъ нѣсколько отъ температуры, но эту, весьма незначительную поправку на температуру легко всегда учесть.

Полезно также закрыть всю склянку F и трубку MN ватой, для предохраненія ея, по возможности, отъ быстрыхъ температурныхъ колебаній.

Постоянная Γ , входящая въ формулу (16), остается постоянной, поскольку остается неизмѣнной электродвижущая сила элемента E (см. черт. 5).

Хотя сила тока въ мостикѣ и очень незначительная, но съ теченіемъ времени элементъ можетъ все-таки нѣсколько ослабнуть, вслѣдствіе чего постоянная Γ нѣсколько измѣнится.

Чтобы контролировать работу элемента, между вершинами C и D мостика Wheatstone'a вводится небольшой чувствительный вольтметръ V . Если элементъ ослабнетъ, то, уменьшая сопротивленіе R_0 , можно легко возстановить начальную разность потенциаловъ между точками C и D .

Сопротивленіемъ R_0 можно также пользоваться для регулированія чувствительности записи. Чѣмъ меньше R_0 , тѣмъ сильнѣе будетъ токъ въ мостикѣ, и, слѣдовательно, тѣмъ меньше будетъ k и Γ , то есть, тѣмъ чувствительнѣе будетъ запись.

При подобныхъ изслѣдованіяхъ, небольшія, *медленныя*, возможные колебанія въ величинѣ коэффициента Γ не имѣютъ большого практическаго значенія, такъ какъ важно знать, не столько абсолютную величину давления столба воды въ источникѣ, сколько періодически повторяющіяся, черезъ опредѣленные промежутки времени, *измѣненія* этого давления, которыя и характеризуютъ собою пульсацію источника, а именно *промежутки времени* между двумя послѣдующими пульсаціями.

Вышеописанный приборъ былъ также подвергнутъ г-омъ Веберомъ всестороннему испытанію въ Физической Лабораторіи Академіи Наукъ.

Для этой цѣли соединительная трубка L (см. черт. 4) была соединена

съ трубкой въ формѣ буквы U , въ которую была налита ртуть, а въ одно соединительное колѣно и вода. Приливая и выливая ртуть изъ этой трубки, можно было измѣнять давленіе на поверхность ртути въ склянкѣ F .

Это измѣненіе доходило до $265 \frac{m}{m}$ ртутнаго столба.

Отсчеты различныхъ уровней воды и ртути дѣлались при помощи катетометра.

Такимъ образомъ, въ любой моментъ можно было знать давленіе въ приборѣ и соответствующее отклоненіе гальванометра.

Опыты г-на Вебера показали, что зависимость между измѣненіями давленія и отклоненіями гальванометра строго *линейная*, причемъ, при примѣненіи никелевыхъ проволокъ, сопротивленіе тотчасъ-же принимаетъ свою окончательную величину и не наблюдается никакого послѣдствія, какъ, напр., у стальныхъ проволокъ. Всякое внезапное измѣненіе давленія также тотчасъ-же регистрируется приборомъ.

Отклоненія гальванометра наблюдались и визуально, при помощи трубы со шкалой, и записывались, при другой серіи опытовъ, на регистрирномъ валѣ. Въ послѣднемъ случаѣ отклоненіе свѣтовой точки на $1,15 \frac{m}{m}$ соответствовало измѣненію давленія на $1 \frac{m}{m}$ ртутнаго столба.

Измѣняя балластное сопротивленіе R_0 , можно, конечно, легко установить приборъ по желанію на большую или меньшую чувствительность.

Такимъ образомъ, не подлежитъ никакому сомнѣнію, что вышеописанный приборъ работаетъ вполне правильно и можетъ съ успѣхомъ служить для изслѣдованія пульсацій интермитирующихъ источниковъ.

Въ заключеніе можно указать на то, что было бы вполне целесообразно, вмѣсто того, чтобы опредѣлять измѣненія сопротивленія никелевыхъ проволокъ при помощи мостика Wheatstone'a, воспользоваться особымъ приборомъ, основанномъ на принципѣ омметра, совершенно такого-же устройства, какъ ранѣе описанный электрической термографъ. Такой приборъ могъ-бы быть изготовленъ фирмой Hartmann und Braun въ Франкфуртѣ по специальному заказу и прямо уже градуированъ въ миллиметрахъ давленія, при условіи заданія соответствующихъ величинъ сопротивленія проволокъ. Можно довольствоваться и произвольной шкалой, но тогда нужно уже самому прокалибровать приборъ.

Примѣненіе такого автоматически регистрирующаго омметра представило-бы ту весьма значительную выгоду, что тогда можно было-бы совершенно избѣжать дорого стоящей фотографической регистраціи, чѣмъ значительно сократились бы текущіе расходы на наблюденія.

Къ тому-же и обращеніе съ приборомъ много выиграло бы въ простотѣ и удобствѣ.

Мы видимъ, такимъ образомъ, что лабораторныя испытанія, произведенныя съ тремя вышеописанными приборами, предназначенными для различныхъ наблюдений надъ пульсирующими источниками, показали, что всё они вполне удовлетворяютъ своему назначенію.

Въ ближайшемъ будущемъ предполагено приступить съ ними къ систематическимъ изслѣдованіямъ надъ Екатерининскимъ источникомъ въ Боржомѣ.

