

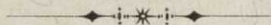
Р 262541

Р 262541

О ВЛІЯНІИ ДАВЛЕНІЯ НА НАСЫЩЕННЫЕ ВОДОЮ ПЕСКИ.

Н. Е. Жуковского.

Отдѣльный оттискъ изъ III тома Трудовъ Отдѣленія Физическихъ Наукъ
Императорскаго Общества Любителей Естествознанія.



МОСКВА.

Типографія М. Г. Волчанинова. Бол. Чернышевскій пер., д. Пустошкина,
противъ Англійской церкви.

1890.

Библиотека ИМПЕРАТОРСКАГО Москов-
скаго Техническаго училища

Б $\frac{1}{29.}$

P262541

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



262541

Жуковский Н.Е. О влиянии давления на насыщ.

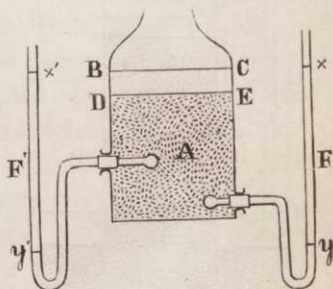
О вліянні давленія на насыщенныя водою пески.

Н. Е. Жуковскаго.

(Сообщено 1888 г. октября 28).

§ 1. Мы будемъ здѣсь разсматривать вопросъ о давленіи воды, насыщающей песокъ. Всякій разъ какъ при этомъ имѣется нѣкоторая часть свободной поверхности воды, которая покрываетъ или всю поверхность песка, или нѣкоторую часть ея, гидростатическое давленіе воды внутри песка будетъ такое, какъ будто бы все пространство было наполнено водою съ упомянутою свободною поверхностью. Это легко повѣряется на приборѣ, представленномъ на фигурѣ (1). Сосудъ *A* наполненъ насыщеннымъ водою пескомъ, поверхность котораго покрыта слоемъ воды *BCED*. *F* и *F'* суть стеклянные манометрическія трубки, вставленныя съ помощію пробокъ въ стѣнки сосуда и погруженныя концами, затынутыми кисеею, въ песокъ.

[Сперва надо вставить манометрическія трубки, по-



Фиг. 1.

Фигура 1. Манометрическая

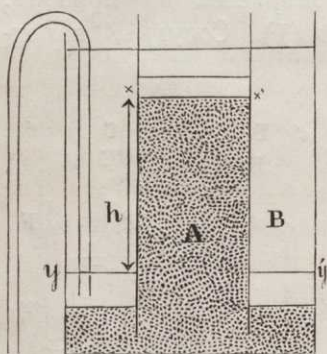
262541

ПРОВЕРЕНО
1962

томъ взболтать въ нѣкоторомъ сосудѣ воду вмѣстѣ съ пескомъ и налить массу въ сосудъ *A*. Когда вода отстоится, тогда песокъ ляжетъ ровнымъ слоемъ на дно]. Во всѣхъ манометрическихъ трубкахъ такого сосуда вода будетъ стоять на уровнѣ *xx'*, совпадающемъ съ свободною поверхностью *BC*.

Но, если вся поверхность песковъ открыта, то жидкость въ манометрическихъ трубкахъ можетъ имѣть высоту меньшую, нежели она имѣетъ въ пескѣ. Чтобы обнаружить это на нашемъ приборѣ, будемъ вытягивать воду изъ манометрическихъ трубокъ (ртомъ или съ помощію сифона изъ резиновой трубки) до тѣхъ поръ, пока поверхность песка осушится. Мы замѣтимъ, что при началѣ осушенія вода въ манометрахъ будетъ стоять на высотѣ горизонтали *DE*. Если же еще вытянуть немного воды, то уровень манометровъ упадетъ и можетъ остановиться на горизонтали *yy'*, лежащей ниже

дна сосуда. Разность между уровнемъ манометровъ и уровнемъ воды въ пескѣ можетъ измѣняться отъ нуля до нѣкакого максимумъ, зависящаго отъ діаметра песчинокъ. Мы изслѣдовали этотъ максимумъ для мелкаго песка, діаметры песчинокъ котораго были въ среднемъ 0,2 миллиметра.

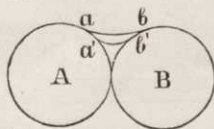


Фиг. 2

Для этого былъ употребленъ приборъ, представ-

ленный на фигурѣ (2). Стеклянная труба A , діаметромъ въ 8 сантиметровъ и высоту въ 60 сантиметровъ, ставилась на дно сосуда B съ водою. Потомъ въ особомъ сосудѣ вода взбалтывалась вмѣстѣ съ промытымъ пескомъ и полученная масса выливалась въ трубу A , причемъ труба немного поднималась вверхъ. Часть песка переходила въ сосудъ B и когда вода отстаивалась, то получалось расположеніе воды и песку, представленное на фигурѣ, причемъ уровень воды въ трубѣ и сосудѣ B былъ одинъ и тотъ же. Послѣ этого мы вытягивали воду съ помощью резинового сифона C изъ сосуда B до тѣхъ поръ, пока въ трубѣ A замѣчалось осушеніе песка до нѣкотораго уровня xx' (осушенный песокъ покрытъ бѣлыми пятнами отъ вошедшаго воздуха, а насыщенный имѣеть болѣе темный и ровный цвѣтъ). Тогда оставалось только измѣрить разстояніе h отъ уровня yy' воды въ сосудѣ B до уровня xx' стоянія воды въ трубѣ A , чтобы получить максимумъ потеряннаго напора отъ дѣйствія волосности. Мы находили для разсчитываемаго песка величину h отъ 38 до 40 сантиметровъ.

То обстоятельство, что потерянная высота измѣняется отъ 0 до нѣкотораго максимумъ, мы объясняемъ себѣ различной степенью смоченности граничныхъ песчинокъ. Вообразимъ (фиг. 3) двѣ песчинки A и B , пересѣкаемые поверхностью стоянія воды въ пескѣ. Жидкость можетъ смачивать эти песчинки, образуя мало вогнутый менискъ ab , и тогда потерянная высота не-

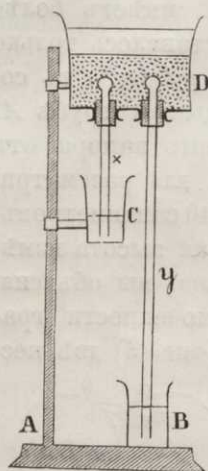


Фиг. 3.

лика, или она может смачивать ихъ, образуя много вогнутый менискъ $a'b'$, и тогда потерянная высота будетъ большая. Здѣсь представляется интересная задача по теоріи капиллярности объ опредѣленіи вида наиболѣе вогнутого мениска (по тремъ песчинкамъ, центры которыхъ образуютъ треугольникъ) и объ установленіи теоретической связи между діаметрами песчинокъ и максимумъ потерянной высоты.

Пользуясь потерянною высотой отъ волосности песковъ, мы устроили приборъ, изображенный на фигурѣ 4.

На стативѣ A укрѣпляется сосудъ D , до половины наполненный насыщеннымъ водою пескомъ, и сосуды C и B . Въ дно сосуда D съ помощію про-



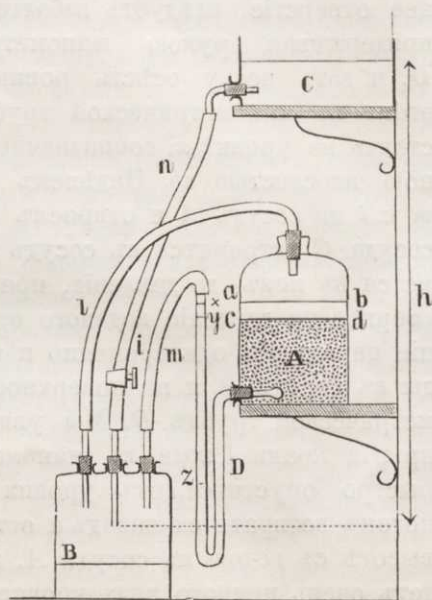
Фиг. 4.

бокъ вставлены стеклянные трубки x и y , верхніе концы которыхъ вставлены въ песокъ и затянуты кисеею, а нижніе концы доходятъ до дна сосудовъ C и B . Если налить воду сверху песку въ сосудъ D , то она сначала будетъ вытекать изъ него по трубкамъ x и y въ сосуды C и B . Когда же поверхность песка въ сосудѣ D осушится, то мы замѣтимъ, что вода изъ сосуда C начнетъ переливаться въ сосудъ B , какъ будто бы трубки x и y вмѣстѣ съ пескомъ сосуда D образовывали сифонъ. Объясненіе этого явленія

разумѣется, заключается въ потерѣ напора при осушенной поверхности, вслѣдствіе которой эта поверхность дѣйствуетъ, какъ непроницаемая стѣнка, пока высота ея надъ уровнемъ сосуда *C* менѣе упомянутой наибольшей потерянной высоты.

§ 2. Переходимъ къ главному содержанію нашего реферата: къ вліянію давленія на насыщенные водою пески. Для изслѣдованія этого явленія мы расположили опытъ, какъ представлено на фигурѣ 5.

Сосудъ *A*, наполненный пескомъ и водою, имѣетъ сверху отверстіе, прикрытое пробкою со стеклянною трубкою, на которую надѣта резиновая трубка *l*, сообщающая сосудъ *A* съ трехгорлою стеклянкою *B*. Въ бокъ сосуда *A* вставлена съ помощію пробки манометрическая трубка *D*, конецъ кото-



Фиг. 5.

рый, затянутый кисіею, погруженъ въ песокъ, а другой конецъ посредствомъ резиновой трубки *m* сообщается съ трехгорлою стеклянкою *B*. Въ пробку

третьяго горла этой стклянки вставлена стеклянная трубка, которая съ помощію резиновой трубки *n* съ краномъ *i* соединяется съ напорнымъ сосудомъ *C*, наполненнымъ водою. Предположимъ сначала, что кранъ *i* закрытъ и резиновые трубки *l* и *m* съ сосуда *A* сняты; воды же въ сосудѣ *A* имѣется столько, что она покрываетъ песокъ слоемъ *abcd*. [Всякій разъ, какъ мы передъ началомъ опыта подольемъ воды въ сосудъ *A* чрезъ его верхнее отверстіе, слѣдуетъ взболтать ее съ пескомъ, придерживая рукою манометрическую трубку *D*, и дать песку осѣсть ровнымъ слоемъ]. При этомъ въ манометрической трубкѣ *D* она будетъ стоять на уровнѣ *x*, совпадающемъ съ горизонтальною плоскостію *ab*. Надѣнемъ резиновые трубки *m* и *l* на сосудъ *A* и откроемъ кранъ *i*. Вода изъ сосуда *C* устремится въ сосудъ *B* и воздухъ сожмется въ немъ до давленія, превышающаго атмосферное на давленіе водяного столба *h*. Это давленіе передается одновременно и на поверхность воды въ сосудѣ *A* и на поверхность воды въ манометрической трубкѣ *D*. Мы увидимъ, что при открытіи крана *i* вода въ манометрической трубкѣ быстро опустится отъ уровня *x* немного внизъ, потомъ возвратится назадъ и остановится на одной высотѣ съ водою въ сосудѣ *A*, но высота эта будетъ очень немного ниже уровня *ab*. Если закроемъ кранъ *i* и снимемъ трубки *l* и *m* съ сосуда *A*, то воды въ манометрической трубкѣ и въ сосудѣ займутъ прежнюю высоту.

Для второй части опыта, прежде нежели надѣть резиновые трубки на сосудъ *A*, вытягиваемъ изъ

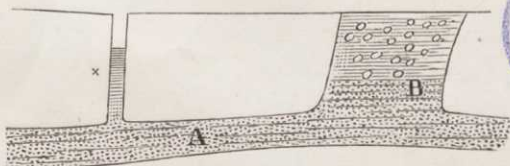
манометрической трубки *D* понемногу воду ртомъ до тѣхъ поръ, пока поверхность песка не отроется. При этомъ надо постараться, чтобы вода въ манометрической трубкѣ *D* остановилась на уровнѣ *y* поверхности песка или немного ниже. Надѣнемъ послѣ этого резиновыя трубки на указанные мѣста сосуда *A* и откроемъ кранъ *i*. Мы увидимъ, что при этомъ вода въ манометрической трубкѣ *D* быстро упадетъ и останется въ равновѣсїи на уровнѣ *z*, который можетъ иногда находиться ниже дна сосуда *A*. Это положеніе воды будетъ сохраняться, пока сохраняется давленіе. Если поднимать сосудъ *B*, то вмѣстѣ съ этимъ будетъ подниматься и уровень *z*, стоя все время ниже уровня воды въ пескахъ. Если закрыть кранъ *i* и отнять отъ сосуда *B* трубку *m* вмѣстѣ съ пробкою, то вода въ манометрѣ быстро поднимается и становится приблизительно на прежнюю высоту.

Мы усмотрѣли причину описаннаго явленія въ присутствїи въ насыщенномъ пескѣ воздушныхъ пузырьковъ, освободиться отъ которыхъ очень трудно (въ особенности если, повторяя опытъ, мы наливаемъ на песокъ сосуда *A* воду сверху), и во вліяніи потеряннаго напора при поверхности осушеннаго песка. Принимая особыя мѣры предосторожности и наполняя сосудъ *A* подъ водою понемногу хорошо промытымъ пескомъ, мы достигали того, что описанныя явленія почти переставали быть замѣтными.

Допустимъ, что въ массѣ песка сосуда *A* имѣются воздушныя пузырьки, и посмотримъ, какъ объяснятся тогда описанныя явленія. При первой части

опыта съ увеличиваніемъ давленія всѣ упомянутые пузырьки немного сжимаются и песокъ вбираетъ въ себя немного воды, которая берется какъ изъ манометрической трубки, такъ и изъ воды, покрывающей поверхность песка. При этомъ, какъ легко вычислить на основаніи теоріи движенія водъ въ пескахъ, въ манометрической трубѣ вода должна падать скорѣе нежели на поверхности песка. Но весьма скоро послѣ открытія крана *i* устанавливается равновѣсіе, при которомъ уровень воды въ манометрѣ *D* и сосудѣ *A* долженъ быть одинаковъ, но немного ниже прежняго уровня, причемъ пониженіе уровня, умноженное на площадь сѣченія сосуда и манометра, измѣряетъ количество воды, поглощенной пескомъ. Во второй части опыта поверхность песка осушена и волосность препятствуетъ извлеченію воды изъ верхней части песка, поэтому вода, поглощаемая пескомъ, берется изъ манометрической трубки и можетъ въ ней упасть на высоту *xx*, доходящую до размѣровъ максимумъ потерянной высоты. Но если бы песокъ заключалъ въ себѣ столько воздушныхъ пузырьковъ, что количество поглощаемой имъ воды при увеличиваніи давленія были бы больше количества воды, подаваемой манометрической трубкой при ея пониженіи противъ стоянія воды въ пескахъ на наибольшую потерянную высоту, то вода взялась бы и изъ верхнихъ слоевъ песка, которые наполнились бы при этомъ воздухомъ. Подтвержденіемъ нашего объясненія является то обстоятельство, что, оперируя съ пескомъ, діаметры песчинокъ котораго были 0,2 миллиметра, мы не замѣчали паденія манометра на пространство болѣе 38 сантиметровъ.

§ 3. Опытъ, описанный въ предъидущемъ параграфѣ, можетъ, по нашему мнѣнію, послужить для объясненія одного интереснаго явленія, замѣченнаго при изысканіяхъ для постройки московскаго водопровода господами: В. Е. Шуховымъ и Н. П. Зиминнымъ. Они нашли, что высота стоянія подпочвенныхъ водъ въ буровыхъ скважинахъ уменьшается съ увеличиваніемъ атмосфернаго давленія и увеличивается съ его уменьшеніемъ, причемъ явленіе особенно рѣзко при быстрыхъ измѣненіяхъ барометра. Хотя (фиг. 6) водоносные пески *A*, залегающіе глубоко и прикрытые твердыми породами, и не содержатъ въ себѣ воздушныхъ пузырьковъ (какъ это было замѣчено при буреніяхъ), но они находятся въ гидравлическомъ сообщеніи съ нѣкоторыми водопрускающими породами *B*, выходящими на поверхность земли. Вотъ эти то слои *B* въ своихъ верхнихъ частяхъ заключаютъ пузырьки воздуха и другихъ газовъ. Дождевыя воды, проникая по водо-



Фиг. 6.

пропускному грунту *B* въ водоносный слой *A*, непрерывно уносятъ съ собою воздухъ, который закупоривается въ слое *B* въ видѣ пузырьковъ. Когда атмосферное давленіе увеличивается, то всѣ такіе

грунты *B* начинают вбирать въ себя воду отъ этого происходитъ теченіе воды изъ слоя *A* въ слой *B* и пониженіе напора въ буровой скважинѣ *x*, заложеной въ слой *A*.

145896